Elektronica en Telecommunicatie-techniek 2

Gemeenschappelijke publikatie van de
Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het
Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.

Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

Medische elektrotechniek [1])

V. Verwerking van medische informatie

door ir. J. Roukens, R.U. Leiden

Summary: *Medical Information Processing.*
A general survey is given of the wide field of bio-medical computer applications. Within this field some areas are defined: applications of a purely administrative nature, the storage and retrieval of medical record information, mechanisation of information flow in a hospital, applications that are related to medical diagnosis and therapy, and the applications that are a concern to the biological scientists.

Some of the problems one may encounter when working in those areas are touched upon.

1. Inleiding

Er was eens een al wat oudere jongedame, Geneeskunde geheten. Juist toen zij alle hoop had opgegeven, ontmoette zij een frisse jonge man, Informatieverwerking. Iedereen voorspelde het paar een gelukkig huwelijk, maar het werd een lange verloving

Als men denkt dat men in de geneeskunde direct in computers de heilbrengers gezien heeft, dan is dat niet juist. Het is veeleer de informatieverwerkende gemeenschap die agressief meent in alle hoeken en gaten van het menselijk handelen en denken arbeid te kunnen besparen en kwaliteiten te verhogen.

Het was vooral in de wilde jaren van de computerij, de jaren '50 en begin '60, dat alles kon. De mechanische vertaling: in een handomdraai te realiseren, de schaakmachine: een kwestie van enkele jaren wachten op de snellere elektronica. Het was ook de tijd van de 'intelligent machines', of 'artificial intelligence', en niet te vergeten van de overtuiging dat de functionele en structurele overeenkomsten tussen elektrische digitale automaten en het centrale zenuwstelsel zo frappant waren, dat het niet lang zou duren eer men een mens kon construeren die op een computer leek. Talloos zijn de muizen, hondjes, olifantjes die men als voorbereiding bouwde; in veel gevallen waren de hogere bedoelingen verder te zoeken dan het plezier dat men had in de constructie van deze apparaatjes en het was vooral om de bourgeois te epateren dat het mechaniekje een blikken kleed aan kreeg dat het verdacht veel op een muis deed lijken [1, 2]. Het is overigens gebleken dat voor delen van het zenuwstelsel de mechanistische opvatting van een eenvoudige wel te omschrijven input-outputrelatie opgaat; dit ter zijde.

De toepassing van computers voor de Geneeskunde is sterk gestimuleerd door de computerindustrie en wellicht komt het idee wel uit die hoek. Het is voor de ingenieurs en wiskundigen altijd een grote eer geweest als zij van hun informatieverwerkende vak mochten spreken voor een gehoor van medici; immers bij welk vak staat de zorg voor het welzijn van de medemens zo centraal en offert men zich op voor iets dat zo aantoonbaar edel is, als juist in de geneeskunde. De computerindustrie was niet wars van verlangen naar een stukje van dit aureool. Maar ook hier zijn de accenten verschoven en hebben de idealisten plaats moeten maken voor hen die, al naar hun geaardheid, wensen, hopen of zeker weten dat er ook directe, commerciële belangen op het spel staan.

Bij de confrontatie van vele computeringenieurs met medici kwam er tot nu toe altijd een moment waarop de eersten zich wat wrevelig op een nogal superieur standpunt plaatste. Dat ging ongeveer zo: tenslotte moesten de dokters niet denken dat zij iets van deze machines en het opereren daarvan begrepen, ja zelfs zouden onze ingenieurs, als jullie dokters nu eens niet zo conservatief waren, dat hele vak geneeskunde op een nieuwe computerleest schoeien. Men vergat dan een beetje dat de geneeskunde al moeite had om de stormen van fysica en chemie te verwerken en daarmee nog druk doende was. Men vergat ook een ander ding: men kan een linguist niet verwijten dat hij geen taal construeert die tenminste behoorlijk door computers in een andere taal kan worden omgezet, maar waarin zich natuurlijk dichters en schrijvers mogen blijven uitdrukken.

Dat in de geneeskunde allerlei exacte methoden en het geven van precieze definities vaak niet bruikbaar zijn, ligt voor het grootste deel niet aan de dokters maar aan het vak zelf. Wij kennen definities en wetten uit de exacte wetenschappen, fysica en chemie; maar wij weten ook dat die wetten alleen zinvol zijn omdat zij afgeleid zijn of samenhangen met andere wetten, kortom als zij een structuur vormen die men in zijn totaliteit het fysisch of chemisch natuurbeeld kan noemen. Zo'n rigide structuur ontbeert de geneeskunde, of beter gezegd de biologie.

Een ander probleem in de praktische geneeskunde is het

[1]) Voordrachtenreeks, in het kader van de Vakantieleergang onder deze naam, gehouden op 18 en 19 mei 1967 aan de T.H. te Eindhoven.

enorm aantal variabelen dat in de zeer gecompliceerde biologische systemen een rol speelt – of misschien moet gezegd worden het *nog* grote aantal variabelen – en het gaat in de geneeskunde juist in de overgrote meerderheid van de gevallen om die gecompliceerde processen.

Een andere benadering van het probleem biedt de techniek. Wie vanuit de verte het ontwerp van een vliegtuig heeft meegemaakt, weet dat de duizenden componenten waaruit dit vliegtuig zal gaan bestaan tot op de kleinste onderdelen getekend en gespecificeerd zijn. Als men dat vliegtuig geconstrueerd heeft en er blijkt tijdens de vlucht of wanneer danook iets niet geheel in orde te zijn, dan kent men de anatomie van het toestel volledig en kan men nog een menigte proeven doen die zo ver kunnen gaan dat het geheel gedestrueerd wordt. Vergelijk dit met wat de arts ten dienste staat aan kaarten en methoden als hij de aard van een ziekte moet vaststellen en een geneeswijze daarvoor ontwerpen: de patiënt is veel gecompliceerder geconstrueerd dan een apparaat als een vliegtuig, maar al is er iets van die structuur bekend, het is relatief weinig. Het is bovendien onmogelijk een patiënt al die experimenten te laten ondergaan die wellicht tot een volledig inzicht in het ziektebeeld kunnen leiden. Het gebeurt niet zelden, dat een nauwkeurige vaststelling van de aard van de ziekte mogelijk wordt tijdens de behandeling, dus tijdens de behandeling van een mogelijke ziekte.

Men mag nimmer vergeten dat het de taak van de arts is een patiënt gezond te maken en niet om met of ten koste van zijn patiënt wetenschap te bedrijven. Het is de taak van degenen die verantwoordelijk zijn voor de inrichting van de opleiding tot medicus, dat de student zich in de eerste plaats bekwaamt om *die* taak te vervullen. De man met een opleiding in de exacte wetenschappen die met medici in contact komt, wenst wel eens dat die opleiding exacter ware geweest, en in een vrolijke bui ontwerpt hij een cursus wiskunde voor medici.

Uit het gezegde zou men op kunnen maken dat voor het exacte denken, de mathematische formulering in de geneeskunde, geen plaats is. Ik meen alleen dat de arts – nog – meer heeft aan vuistregels en ervaring. Geheel anders is de situatie voor de wetenschappen die de basis moeten leggen voor de geneeskunde van morgen; de fysiologie en de toegepaste fysiologie, de anatomie en de biochemie. Hierop hoop ik straks terug te komen.

2. Medische informatiewerking

Ik heb mij tot nog toe laten verleiden enkele losse opmerkingen over de geneeskunde zelf te maken; dit is gebeurd omdat het per se noodzakelijk is te weten met welke problemen de ingenieur te maken krijgt die de geneeskunde wil gaan automatiseren, en men zich vooral dient te realiseren dat de termen waarin die problemen gesteld kunnen worden bijna nooit die des computers zijn. Het is een verspilling van energie, en enthousiasme ontaardt in don quichotterie, als men ernaar wil streven dat computers binnen enkele jaren feilloos vertellen welke ziekte een patiënt heeft en welke behandeling daarvoor geschikt is. Dat is geen probleem dat wel even opgelost kan worden, al is het beneden de waardigheid van de informatieverwerker om met die mogelijkheid geen rekening te houden als een zeer ver verwijderd doel. Wie zich met medische informatieverwerking wil gaan bezighouden, krijgt te maken met de totale geneeskunde, met alle praktische aspecten daarvan; met de medische problematiek, maar ook met de uitvoerenden: artsen, verplegend personeel, technisch personeel. En, al wil men er liever niet van horen, met het economisch aspect.

De informatieverwerking die van belang is voor de geneeskundige praktijk, en daarover is tot nu toe gesproken, moet, wil zij zinvol zijn in het geheel zijn ingepast. De informatieverwerking heeft met bijna iedereen rekening te houden, en bijna iedereen met de informatieverwerking. Kleine projecten hebben alleen zin als proefproject, voor zover het althans geen projecten zijn met wetenschappelijk karakter.

Wat is dan een groot project? De grondslag van het medisch handelen is de confrontatie van enerzijds de gegevens die van een patiënt beschikbaar zijn, met anderzijds de cumulatie van feiten die bij de behandeling van andere patiënten in het verleden beschikbaar zijn gekomen. In ietwat geamorfiseerde vorm noemt men de laatste met een verzamelnaam wel 'ervaring'; maar in het algemeen zijn deze gegevens ook wel op enig formulier geregistreerd. Die confrontatie is niet eenmalig en statisch. Zoals reeds gezegd kan het inzicht van de arts veranderen tijdens de behandeling; dat betekent niet alleen dat die arts een beroep moet doen op andere 'ervaringen'; hij moet ook andere alternatieven de revue laten passeren, of proeven doen om zijn veranderd inzicht te toetsen.

Naar mijn mening is de nuttigste toepassing van computers in de geneeskunde die, welke de behandelende medicus in staat stelt een overzicht te krijgen van *alle* gegevens die van de behandelde patiënt beschikbaar zijn, dus zowel die welke tijdens de behandeling zijn verzameld, als die welke in het verleden van hem zijn verzameld en nu van enig medisch belang lijken. Deze laatste categorie van gegevens kan op dezelfde plaats vergaard zijn, maar ook op verschillende plaatsen. Bovendien moet de informatieverwerkende apparatuur in staat zijn de behandelende medicus te voorzien van de gegevens van alle vroegere patiënten die een overeenkomstig ziektebeeld vertoonden, met een graad van detail die de medicus nodig denkt te hebben in het onderhavige geval. Ook hiervoor is het niet gewenst zich te beperken tot die patiënten die in het verleden ter plaatse behandeld zijn, immers de over een groot gebied verzamelde gegevens vormen een veel rijkere bron van informatie, en maken de kans op een 'treffer' dus aanmerkelijk groter.

Het zal U wellicht verbazen dat de opzet van een dergelijk systeem gigantische problemen met zich meebrengt; bij de voorbereiding en tijdens de implementatie daarvan. De kosten van apparatuur vallen daarbij vergeleken wellicht nog bijzonder mee.

Problemen vormen de enorme hoeveelheid en de verscheidenheid van gegevens waarom het gaat. Maar de grootste inspanning kost het ongetwijfeld te komen tot een algemeen aanvaarde terminologie; deze moet niet alleen zodanig gekozen zijn dat het kleinste detail dat medisch van belang geacht wordt daarin kan worden uitgedrukt, tevens dat het zoveel mogelijk uitgesloten wordt dat twee personen één term gebruiken voor verschillende zaken. Een onoplosbaar probleem lijkt ook de selectie en de presentatie van de gecumuleerde gegevens aan de behandelende medicus.

Hier staat tegenover dat al die gegevens thans verzameld worden, al of niet in mappen geborgen en bewaard in steeds uitdijende archieven; dat het in veel gevallen bijna ondoenlijk is, in het verleden verzamelde gegevens daar terug te vinden, en dat de uitwisseling van deze gegevens tussen instituten nauwelijks plaatsvindt omdat het praktisch onmogelijk is. Daarentegen is er geen twijfel mogelijk of deze gegevens vormen de belangrijkste basis voor het medische beslissingsproces. Als de gegevens eenmaal worden geregistreerd, wordt het mogelijk *alle* vragen van enig medisch belang aan dit materiaal te stellen.

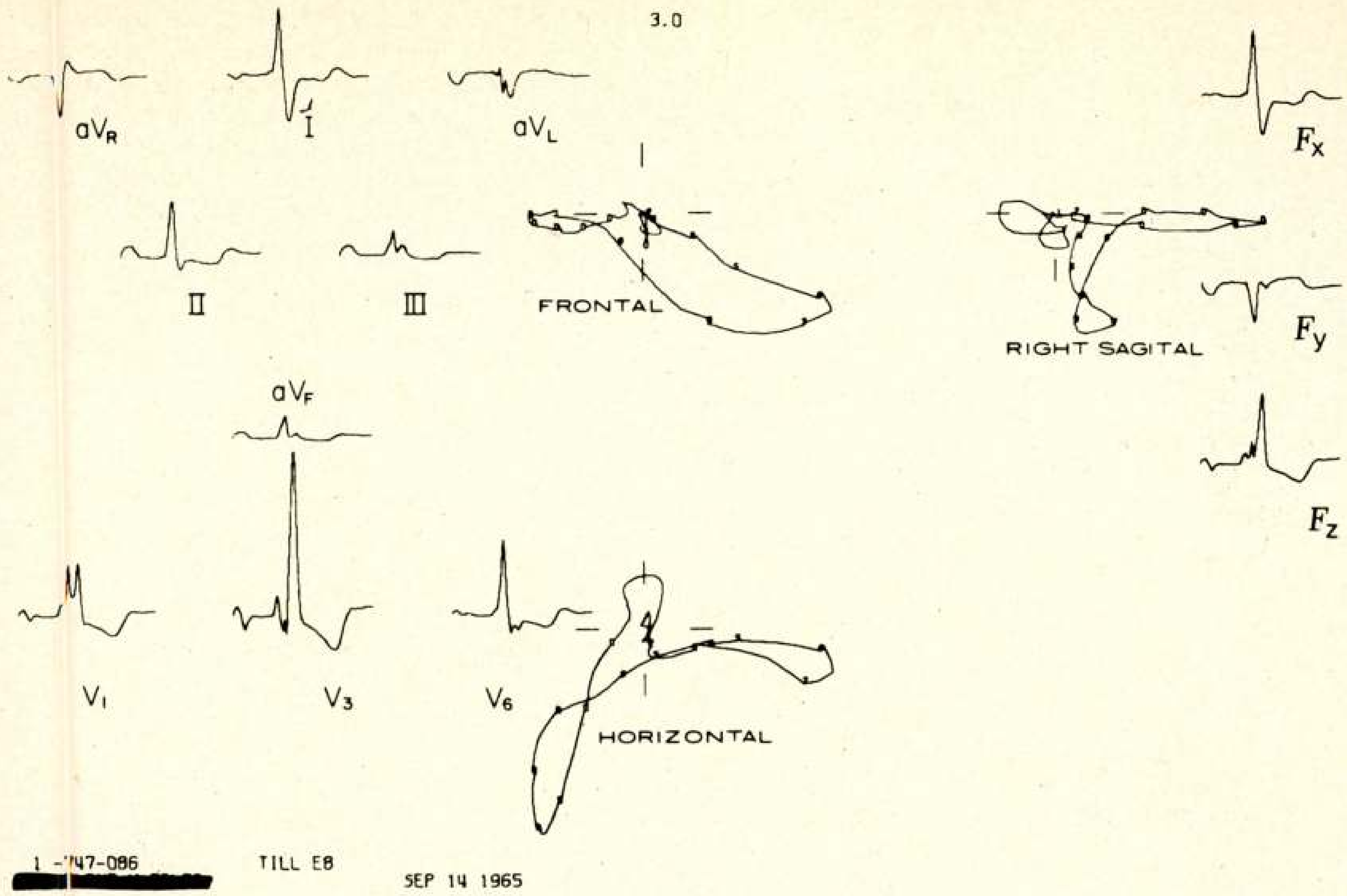


Fig. 1. Computertekening van de invoer (F_x F_y F_z) voor een programma voor de analyse van elektrocardiogrammen. Links een aantal door de computer 'geconstrueerde' afleidingen en in het midden de drie projecties van de zgn. elektrische hartvector.

Ondanks alle moeilijkheden, een dergelijk systeem gaat er in de één of andere vorm komen. In enkele landen is er, plaatselijk of regionaal, reeds een begin mee gemaakt. In Nederland doet de Stichting Medische Registratie baanbrekend werk, dat in de toekomst hopelijk resulteert in een netwerk van medische informatiecentra [3].

Een dergelijk systeem kost jarenlang voorbereiding en proefnemingen. Het spreekt vanzelf dat daarbij vakbekwame mensen aan het werk gaan, zowel medici als mensen bekwaam in het computervak, als administratief personeel. Er is momenteel in dit land een psychische aardverschuiving nodig om mensen te laten inzien dat zinvolle computertoepassingen minutieuze voorbereiding vereisen in een daarvoor geschikte werkplaats; dat de bittertafelbeslissing om een computer aan te schaffen op zichzelf nog geen garantie is voor het historische belang van die beslissing; en dat een computer echt niet in staat is de problemen die hij moet oplossen ook zelf te formuleren en uit te werken.

3. Specifieke toepassingen in de geneeskunde

Ik blijf in deze paragraaf bij de geneeskunde zelf om te laten zien dat er ook toepassingen zijn die de behandeling van patiënten direct raken, maar in tegenstelling tot waarover tot nu toe gesproken is, een om in de termen te blijven 'specialistisch' karakter hebben.

Naarmate de methoden van medisch onderzoek en therapie verfijnder worden, zal men behoefte krijgen aan een nauwkeuriger schatting van de gemeten variabelen of van het effect van een behandelingswijze. Ik spreek hier niet over de geneeskunde in het algemeen, maar over betrekkelijk smalle gebieden daarvan.

Enkele voorbeelden van computertoepassing in deze zin wil ik U laten zien. Het gaat er mij niet om op de toepassingen ver in te gaan, maar alleen om te laten zien dat er in die grote zee van de geneeskunde hier en daar een vlot drijft waarop een informatieverwerker kan staan.

Het eerste voorbeeld betreft de analyse van het zgn. elektrocardiogram. Aan elke contractie van het hart gaat een depolarisatie van de hartspiercellen vooraf, gevolgd door een langzamere repolarisatie. Deze depolarisatie geschiedt niet onmiddellijk, hij wordt op een bepaalde plaats geïnitieerd en vanaf dat punt kan men spreken van een depolarisatiefront dat zich in alle drie dimensies door de hartspier verplaatst, met een van de plaats afhankelijke snelheid en richting. Vertoont het hart afwijkingen, dan zal in veel gevallen deze depolarisatie anders verlopen.

De depolarisatie kan aan het hart zelf gemeten worden, maar ook aan het lichaamsoppervlak in de vorm van potentiaalverschillen tussen twee plaatsen van de huid. De continue registratie van deze potentiaalverschillen wordt het elektrocardiogram genoemd. Als men de elektroden op verschillende plaatsen op de huid bevestigt, spreekt men van verschillende 'afleidingen', die gezamenlijk een indruk kunnen geven van het ruimtelijk verloop van de depolarisatiefronten.

Aan de elektrocardiogrammen kan door een computer een aantal metingen worden verricht, die vertaald kunnen worden in een diagnose. Meestal gaat men daarbij empirisch te werk, dat wil zeggen dat men door ervaring heeft geleerd dat bepaalde vormen van elektrocardiogrammen typerend zijn voor bepaalde afwijkingen van het hart. Men kan ook fundamenteler te werk gaan en zich afvragen wat de invloed is van bepaalde afwijkingen van het mechanisme op het elektrocardiogram, en dan proberen de inverse relatie te definiëren.

Fig. 1 toont een aantal afleidingen volgens een orthogonaal afleidingensysteem, waaruit een aantal mogelijke andere afleidingen door de computer kan worden geconstrueerd. In fig. 2 is een beknopt overzicht gegeven van de computeranalyses. Zowel de gemeten variabelen, als een conclusie over het ziektebeeld naar aanleiding daarvan door het machineprogramma getrokken, zijn in de figuren weergegeven [4].

De geautomatiseerde analyse van elektrocardiogrammen lijkt wel enige toekomst te hebben, omdat de metingen vrij eenvoudig

```
67          TLEB.   CARCIC                          ,63 YRS
                                                                          110

PR DUR=   0.212,   R DUR=   0.061, RT CUR=   0.306, P CUR=   0.155 SECCNDS
ABNORMAL
SINLS ARRHYTHMIA, RATE    82
LCW VCLTAGE CRS
RIGHTWARC CEVIATICN OF THE MEAN R VOLTAGE
SUGGESTS ANTERICR MYOCARDIAL INFARCTICN
```

SEGMENT	219 RHO		387 FRONTAL		SAGITTAL		HCRIZCNTAL
P12	38.	268.8	33.	240.3	38.	183.7	19.
P34	28.	280.5	27.	287.8	28.	29.4	10.
PP	30.	274.1	3C.	260.2	30.	160.0	6.
R(1)	94.	317.6	89.	245.3	67.	112.9	72.
R(2)	294.	271.1	242.	236.C	294.	178.2	167.
R(3)	464.	257.3	42C.	244.6	454.	206.5	221.
R(4)	285.	186.5	258.	192.7	124.	245.4	284.
R(5)	174.	149.C	173.	102.1	89.	263.1	151.
R(6)	96.	128.7	94.	103.9	75.	253.1	62.
RCR3	271.	268.3	237.	241.6	271.	184.9	132.
RR	157.	23C.1	126.	226.8	133.	222.4	124.
RER4	180.	206.8	156.	218.2	113.	238.1	166.
RMAX	517.						
T(1)	46.	124.3	46.	88.8	37.	271.6	26.
T(2)	48.	112.2	48.	82.3	45.	287.4	19.
T(3)	21.	167.5	15.	167.7	15.	225.2	21.
T(4)	82.	239.2	37.	204.1	80.	195.6	76.
T(5)	96.	254.1	44.	2C7.3	95.	189.3	86.
T(6)	34.	163.2	22.	166.4	27.	219.0	34.

4C	25	2C	240	80	180
0.0595	C.0719	0.1C60	0.0437	0.0925	0.0475
0.	C.	5.CCC0	-0.2289	60.0000	-0.4602
0.0461	4C.C000				
-0.0262	-C.0186	-0.0146	-0.0192	-0.0126	-0.0209
0.0374	C.0441	0.C030	-0.0315	-C.0426	0.0C60
0.0C05	C.0057	-0.0148	-0.0732	-C.0853	-0.0264
-0.0010	C.C048	0.0019	-0.C330	-0.0267	-0.0299
-0.C193	C.C084	-0.0055			
62.1388	123.0770	5C.7015			

Fig. 2. Een voorbeeld van het resultaat van een elektrocardiogram-analyse door een computerprogramma. Behalve een diagnose in medische termen is in tabelvorm een overzicht gegeven van de berekende parameters. Deze kunnen worden bewaard voor latere statistische analyse.

uit te voeren zijn, en de hartziekten boven aan de lijst van de meest voorkomende doodsoorzaken staan.

Een geheel andere toepassing die van diagnostische betekenis kan zijn betreft de analyse van menselijke chromosomen. Wij kunnen hier volstaan met te vermelden dat het mogelijk is aan chromosomen erfelijke afwijkingen te constateren. De chromosomen worden daartoe vergroot afgebeeld, bijv. op een fotografische plaat, en bestudeerd. Vooral dit laatste is buitengewoon tijdrovend en het lijkt niet uitgesloten dat geautomatiseerde analyse van de afbeeldingen betrouwbaarder informatie kan geven, en zeker sneller. Er is over dit onderwerp al het een en ander gepubliceerd; uit één van die publikaties nl. die van Ledley [5], zijn de figuren 3, 4 en 5 overgenomen. We zien achtereenvolgens een afbeelding van menselijke chromosomen, de representatie daarvan in de computer en een verdeling naar klassen door de machine gemaakt. Deze toepassing verkeert nog in een beginstadium.

Uit de groep van specialistische toepassingen die van belang zijn voor de behandeling van patiënten heb ik gekozen de berekening van de dosisverdeling in met hoogenergetische stralen behandelde patiënten; de reden voor deze keuze is dat het een toepassing is die inderdaad in de klinische praktijk ingang heeft gevonden, en dat er in Nederland nogal wat aan is gedaan [6]. Een van de behandelingsmethoden voor kankerpatiënten bestaat daarin dat geprobeerd wordt het tumorweefsel te doden met de hulp van hoogenergetische stralenbundels. Het probleem is dat de kwaadaardige gezwellen bijna altijd omgeven zijn door gezond weefsel en dat de stralenbundels dus ook dat gezonde weefsel moeten passeren. Dit kan ernstige gevolgen hebben, al is het tumorweefsel bij deze bestraling kwetsbaarder dan gezond weefsel.

Het is dus van groot belang de verdeling zodanig te kiezen, dat een relatief groot deel van de energie geabsorbeerd wordt door tumorweefsel en de absolute hoeveelheid geabsorbeerde straling zo te kiezen dat bij gegeven verdeling de hoeveelheid gedood gezond weefsel naar het oordeel van de arts binnen acceptabele grenzen blijft. De berekening van de dosisverdeling is met de hand mogelijk, maar bijzonder tijdrovend, vooral als gewerkt wordt met een aantal stralenbundels die ook nog om de patiënt kunnen roteren waarbij de as van rotatie binnen de tumor is gekozen. Als men ook nog verlangt dat de bundels geïnhomogeniseerd worden, en als de dosisverdeling in drie dimensies berekend moet worden, dan is handberekening vrijwel uitgesloten.

In fig. 6 is een doorsnede geschetst van een patiënt en de richtingen van een aantal stralenbundels. Een betrekkelijk eenvoudige functie en de geometrie van de patiënt, en de geometrie van de energieverdeling in de bundel zelf, leveren een procedure voor de berekening van de hoeveelheid geabsorbeerde straling in een bepaald punt. De verdelingen worden meestal weergegeven in de vorm van isodosen, dus krommen voor gelijke hoeveelheid geabsorbeerde straling. Fig. 7 en 8 geven voorbeelden van deze door een machine berekende isodosen in een bepaald geval.

4. Ziekenhuistoepassingen

Ik wil de geneeskunde zelf verlaten en iets zeggen over computergebruik dat indirect voor de geneeskunde van belang is. De geneeskunde wordt beoefend in grotere verbanden dan het vrije beroep ogenschijnlijk toelaat. In ziekenhuizen, sanatoria en een aantal andere instituten wordt geneeskunde beoefend of de volksgezondheid bevorderd. Perifeer kunnen de ziekenfondsen worden genoemd, alsmede verzekeringsmaatschappijen voor



Fig. 3. Menselijke chromosomen zoals zij door de microscoop worden waargenomen en een op het oog gemaakte indeling in klassen van die chromosomen.

zover men zich daar kan verzekeren tegen de financiële catastrofes die een ziekte met zich meebrengt. Verder: keuringsdiensten, bedrijfsgeneeskundige diensten en consultatiebureaus.

Nemen wij als typische organisatie het ziekenhuis. Het wordt tegenwoordig wel aangenomen dat men het ziekenhuis kan opvatten als een bedrijf, weliswaar een bedrijf met aparte kenmerken, maar welke categorie van bedrijven onderscheidt zich niet van andere? Algemene karakteristiek van een bedrijf is dat de inkomsten de reserveringen en onkosten in evenwicht moeten houden. Daarbij komt de plicht een arbeidsvreugdig klimaat te scheppen en de morele plicht een zo goed mogelijke prestatie te leveren. In dat laatste opzicht is het ziekenhuis als bedrijf wel apart, omdat de kwaliteit van het produkt, de transformatie van een ziek mens in een gezond mens, voor een groot deel in handen is gelegd van de medicus, die strikt genomen niet in dienst is van het ziekenhuis en voor wiens handelingen het ziekenhuis dan ook niet verantwoordelijk kan worden geacht.

Het ziekenhuis omvat een vrij grote verscheidenheid van diensten: administratie, huishoudelijke dienst, verpleging, fysische dienst, chemisch laboratorium, apotheek en vele andere. Een belangrijke afdeling is de medische registratie, die de ziektegeschiedenissen van behandelde patiënten opslaat en op verzoek verstrekt; hierover is al gesproken. Ik denk dat in de toekomst hieraan een 'informatiedienst' zal worden toegevoegd. Deze houdt zich bezig met de communicatiemedia in de meest algemene zin en met de opslag en verwerking van alle gegevens die daarvoor in aanmerking komen. De dienst bekommert zich niet in de eerste plaats om de betekenis van de te verwerken informatie; zij houdt communicatiekanalen open voor codes en zij zorgt ervoor dat deze codes indien nodig, hercodeerd worden met andere codes. Wat de medische of administratieve of fysische betekenis van de codes is, regardeert de dienst dus in principe niet, al zijn in de praktijk de grenzen niet zo scherp te trekken.

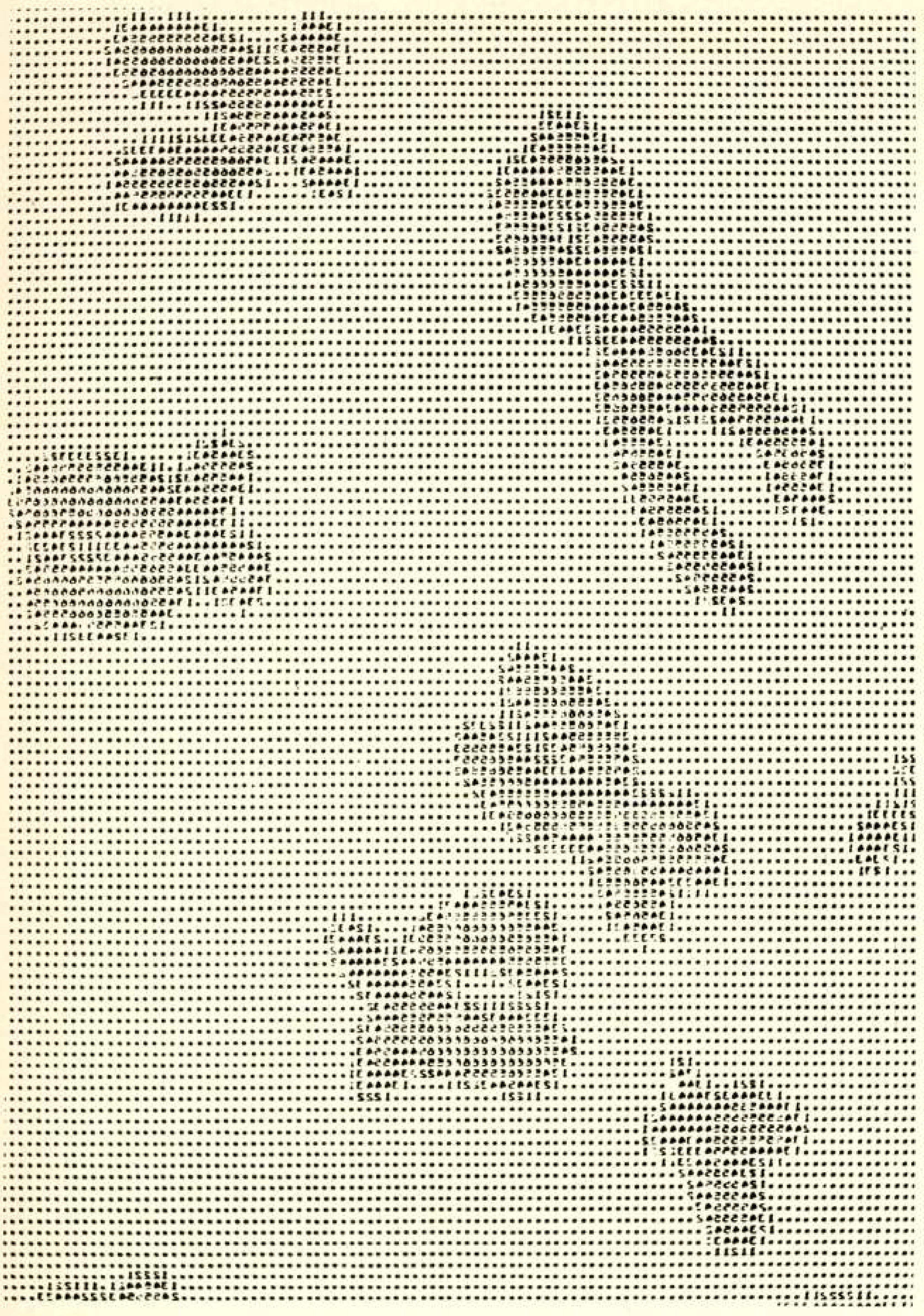


Fig. 4. Het resultaat van een 'scan' van een fotografische afbeelding van chromosomen, opgeslagen in het computergeheugen en vervolgens weer zichtbaar gemaakt op een regeldrukker. (Naar Ledley.)

Zoals gezegd beheert de 'informatiedienst' *alle* communicatiemiddelen en verleent daarmee een optimale service aan het gehele ziekenhuis, ook doordat geschoold personeel beschikbaar is. Ik leg de nadruk op 'alle', omdat voor hetzelfde doel veelal een aantal technische middelen ter beschikking staat, terwijl de zich ontwikkelende technologie deze alternatieven voortdurend modificeert of nieuwe toevoegt; steeds is er echter slechts één optimaal, dat wil zeggen: voor zoveel mogelijke doeleinden geschikt tegen een zo laag mogelijke prijs. De beslissingen die dit impliceert, dienen in één hand te liggen. Dit geldt evenzeer voor de methodieken van opslag van gegevens of archivering. De traditionele methode, een grote ruimte vol vergeelde folianten, kan plaatsmaken voor het fotografische archief of de opslag in magnetiseerbare films, binnen welke laatste categorie weer een groot aantal alternatieven beschikbaar is. De keuze tussen, of de mate van vermenging van deze methoden, dient door één dienst gemaakt te worden.

Het is natuurlijk niet a priori zeker dat de computer de basis zal worden voor deze systemen. Het is wel de overtuiging van spreker dat hij het wordt. Het behoeft ook niet de computer te worden zoals wij die vandaag kennen; deze is gezien de moeilijkheden die de fabrikanten er in bepaalde opzichten mee hebben en ook de gebruikers, voor ons doel nog niet geschikt. Laten wij om vaag te blijven het toekomstige apparaat 'informator' noemen. Dat dit apparaat nog niet bestaat, is helemaal niet bezwaarlijk, want zou men de informator vandaag in een ziekenhuis plaatsen, er zou werkelijk niets mee gebeuren dat zelfs een publikatie waard is. Kortom, het is een prettige omstandigheid dat de technische ontwikkeling ons in staat stelt, vóórdat dure apparaten worden besteld, de behoefte daaraan – die alom wordt gevoeld – behoorlijk in kaart te brengen, te formuleren, en de vakmensen op te leiden, die later deze machines zullen gaan installeren en instrueren.

Wat voor persoon zou men willen vormen of kiezen, om de verantwoordelijkheid te dragen voor een dergelijke informatiedienst? Het moet een vakman zijn, goed bekend met de technische middelen van informatieoverdracht en -verwerking. Hij moet ook iets afweten van organisatietechnieken en om de lijst

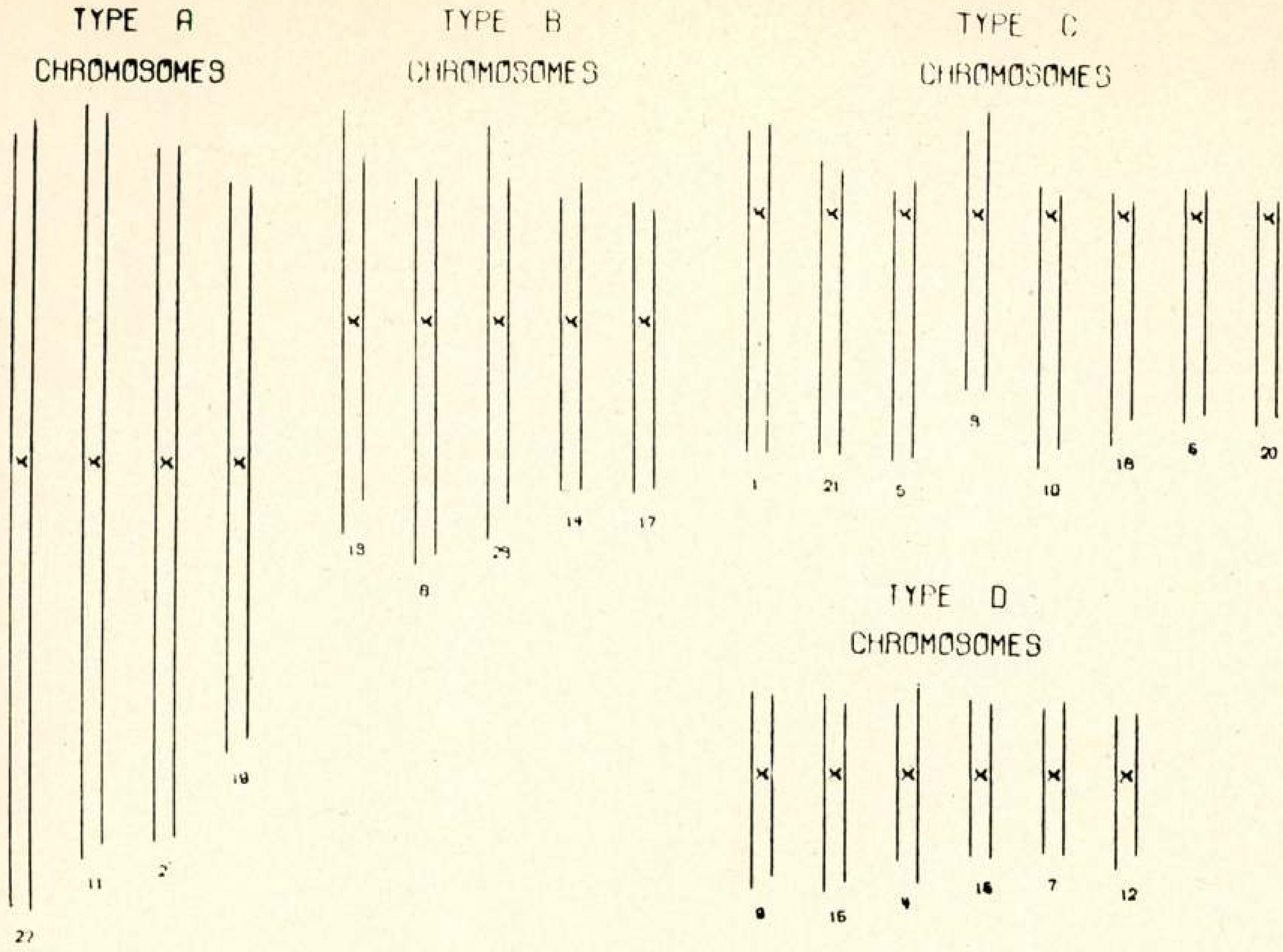


Fig. 5. Door een computer geproduceerde tekening van gestyleerde chromosomen en een classificatie volgens geometrische kenmerken. (Naar Ledley.)

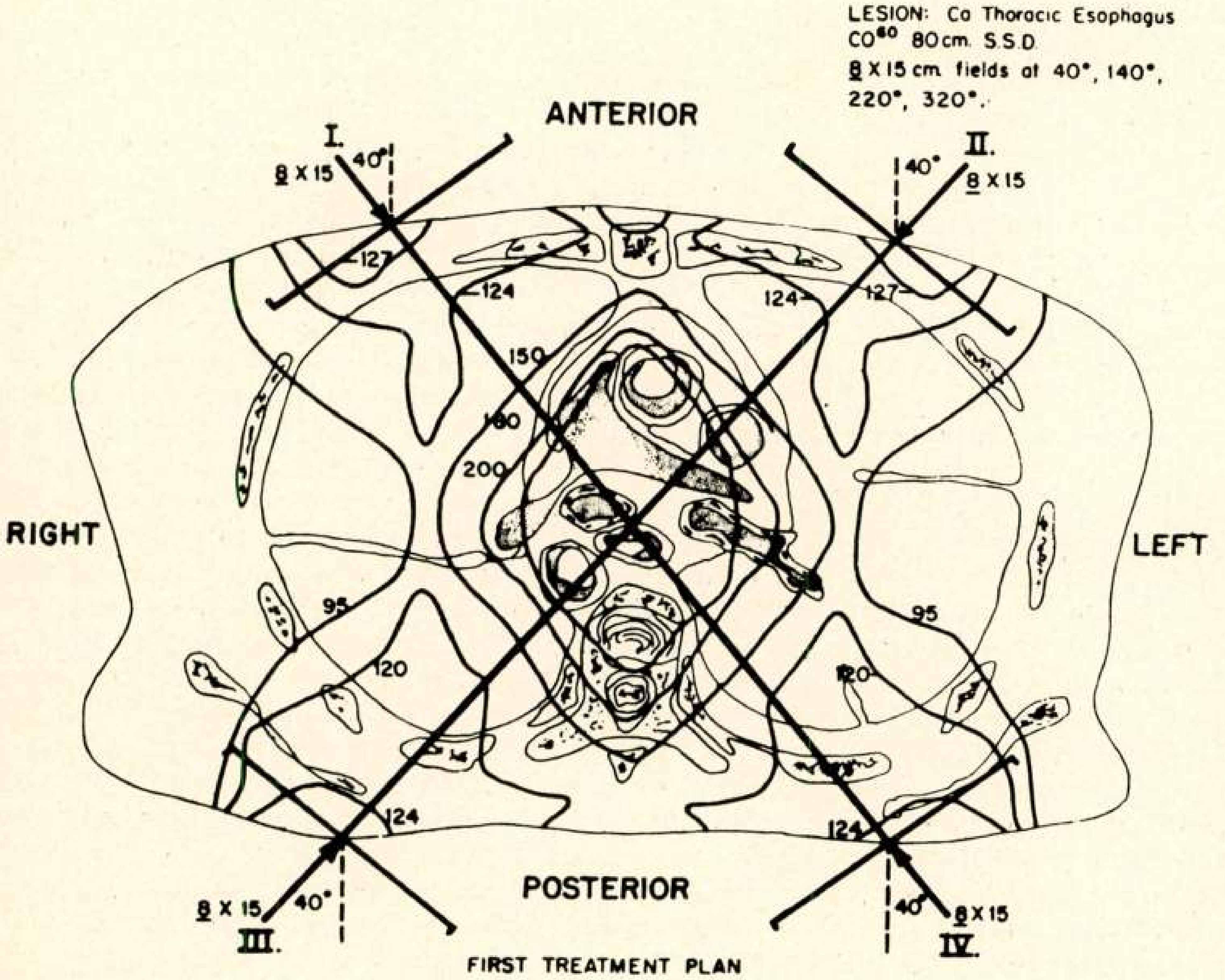


Fig. 6. Voorbeeld van een bestralingsplan. De tumor bevindt zich centraal in de borstholte. De lange rechte lijnen geven de richtingen aan van de stralenbundels. In de doorsnede zijn enkele isodosen getekend, berekend volgens conventionele methoden. Pogingen om de inhomogeniteiten in het lichaam bij de berekeningen in rekening te brengen, zijn tot nu toe om verschillende redenen niet succesvol geweest, ook als een computer hiervoor werd gebruikt. (Tekening naar Sterling.)

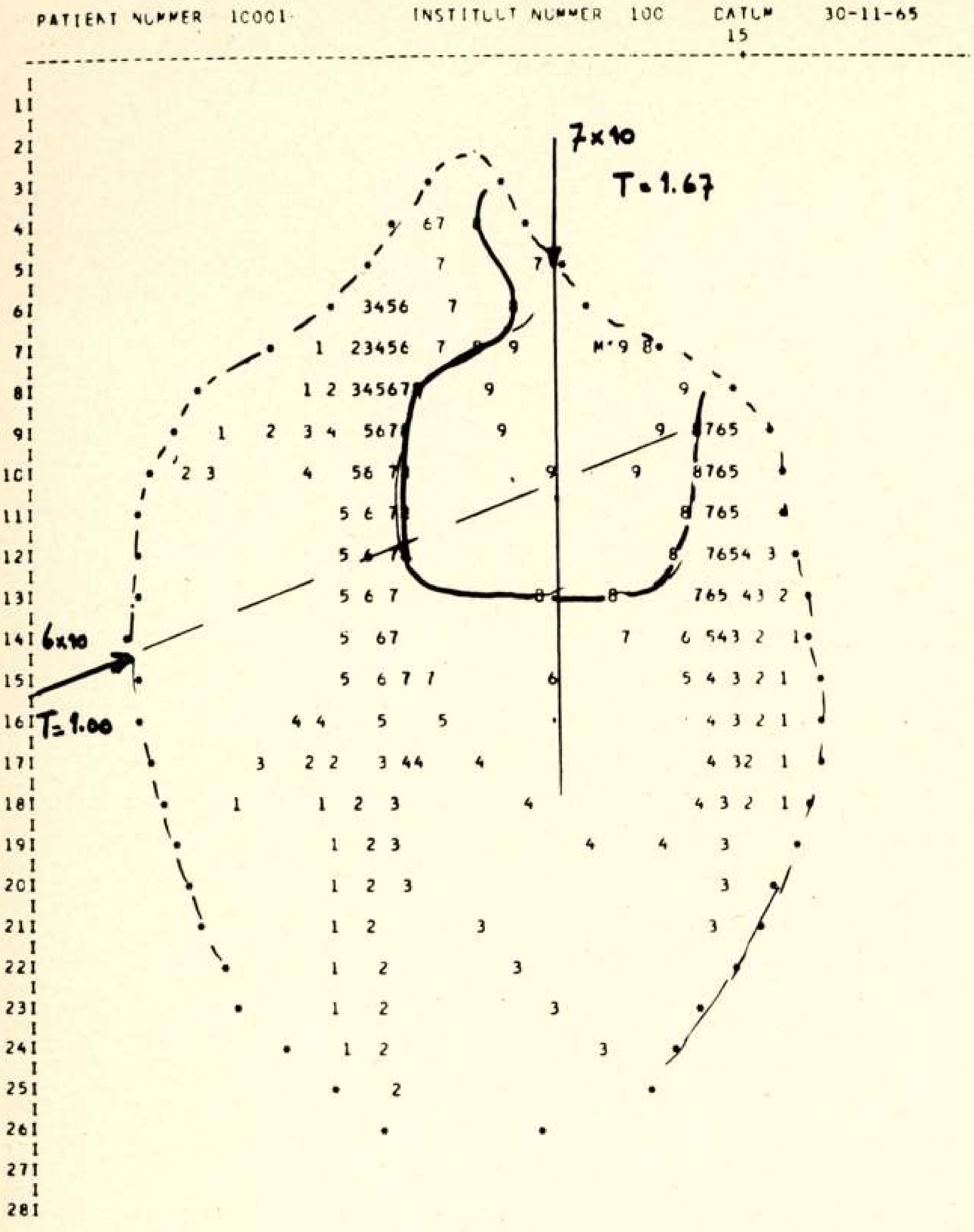


Fig. 7. Door een machine berekende isodosen, afgedrukt op een regeldrukker. Dit voorbeeld betreft bestraling van een gezwel in de mondholte met twee bundels. De getrokken lijnen zijn met de hand getekend voor een betere visualisering. Het is natuurlijk ook mogelijk de isodosen met een rekenmachine te produceren.

wat in te korten: het één en ander van de geneeskundige praktijk, maar dat is geen voorwaarde vooraf. Deze man mag een medische opleiding hebben, maar ik meen dat dit op moeilijkheden zal stuiten; of een econoom zijn, maar ook die zal vooral in technische kennis te kort schieten, al kan ik mij voorstellen dat een bedrijfstechnisch georiënteerd econoom een goede kans maakt. Het meest voor de hand liggend lijkt mij de keuze van een bekwaam en bescheiden ingenieur, die bereid is zich tegen een geringe vergoeding in te zetten bij de genezing van zijn medemens.

Ik mag hier voor degene die met de ontwikkeling op dit gebied niet op de hoogte is, enigszins uitweiden over de informatieverwerking als vakgebied. In de eerste plaats: van elektronica behoeft de informatievakman in 95% van de gevallen niets af te weten. De tijd dat men aan de rookpluimen kon zien welke buizen doorgebrand waren, en deze van pluim naar pluim hollend zelf kon vervangen, is lang voorbij. De informatietechniek leunt sterk tegen de wiskunde, maar het is een grove misvatting te menen dat kennis van numerieke analyse veel zin heeft als een computersysteem operationeel gemaakt moet worden. Gedetailleerde kennis van de apparatuur en van de bedrijfssystemen die door fabrikanten bij die apparatuur geleverd worden, het vermogen een complexe organisatie met al zijn interne communicatielijnen te analyseren en vervolgens te projecteren op genoemde systemen, bovendien de verantwoordelijkheid kunnen dragen voor de implementatie van het gestelde, zijn eisen die aan een vakman op dit gebied gesteld moeten worden.

Ik moet u, die wellicht voornamelijk een technische en wel elektrotechnische opleiding en belangstelling hebt, waarschuwen dat gesproken wordt over stromen van informatie die een administratief karakter hebben: wij willen voorraden muteren, de bezetting van het ziekenhuis bijhouden, nieuwe gegevens die van patiënten beschikbaar komen tussen de oude sorteren, de personeelsadministratie automatiseren, controleren of het uitschrijven van een recept inderdaad resulteert in de toediening van de gevraagde medicijn, voor de keukens lijsten samenstellen om grondstoffen te bestellen, uitslagen van het chemisch laboratorium controleren en doorgeven aan de belanghebbende arts, het onleesbare briefje als communicatiemiddel uitbannen, enz.

Nu maakt het voor een computer werkelijk weinig verschil of de informatie daaraan toegevoerd van administratief, technisch of wetenschappelijk belang is. Ook de procedures die de informatie in deze gevallen moeten hercoderen vertonen vaak sterke trekken van overeenkomst. Het meest essentiële kenmerk van de informator is wellicht zijn karakter van multifunctioneel systeem. De verschillende taken die de informator moet uitvoeren, dienen quasi-simultaan uitgevoerd en de resultaten op vele plaatsen afgegeven te worden, maar het is ook mogelijk dat een taak om een minimum aan gegevens vraagt, terwijl de berekening zeer gecompliceerd is en veel tijd vergt.

Een zeer elementaire indruk van de systemen waarover het

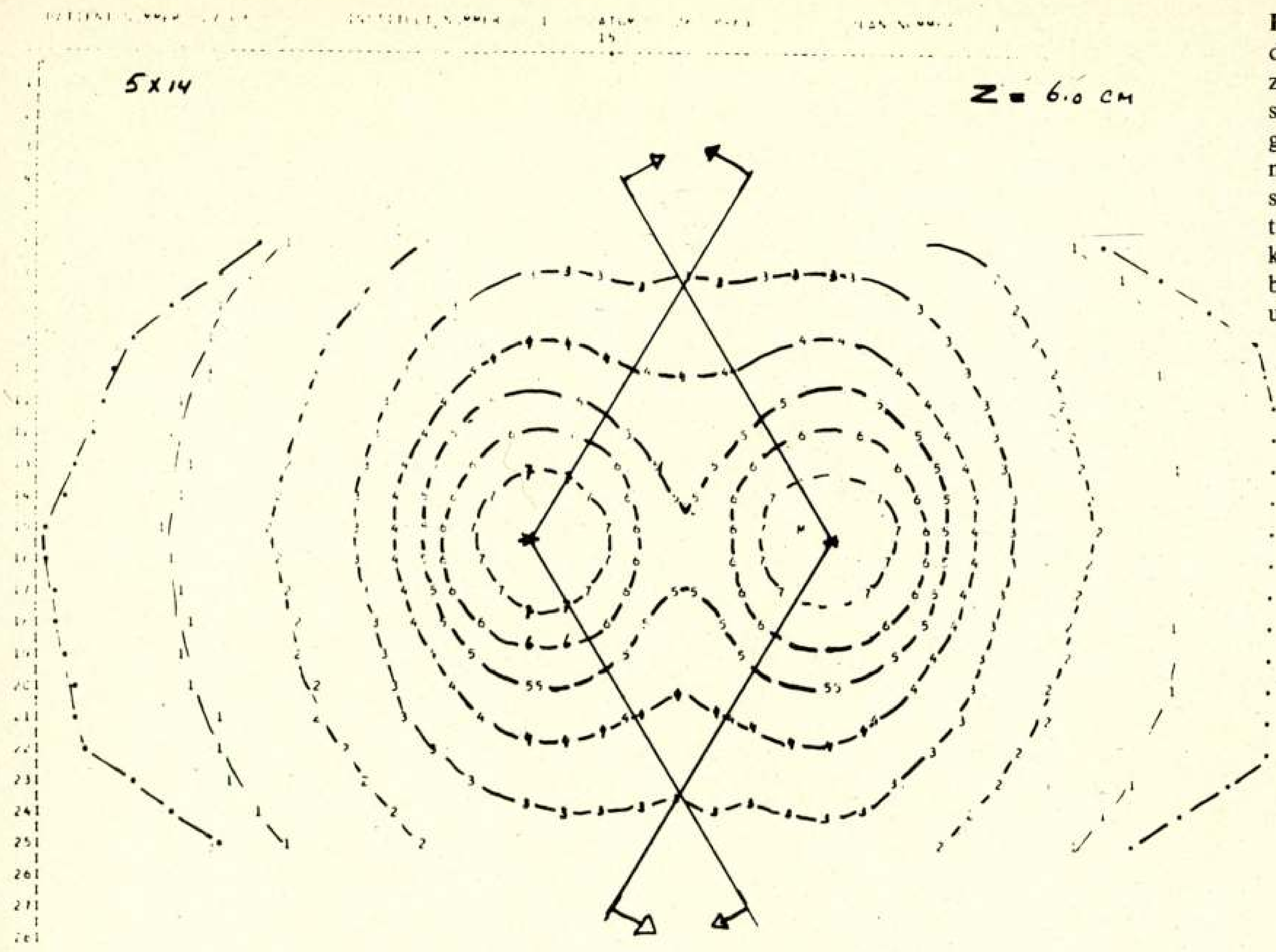


Fig. 8. Voorbeeld van de berekening voor een zgn. dubbele rotatiebestraling. Hierbij bewegen de stralingsbronnen zich over een ingestelde hoek om de patiënt heen. Handberekening voor dit type bestralingen is vrijwel uitgesloten.

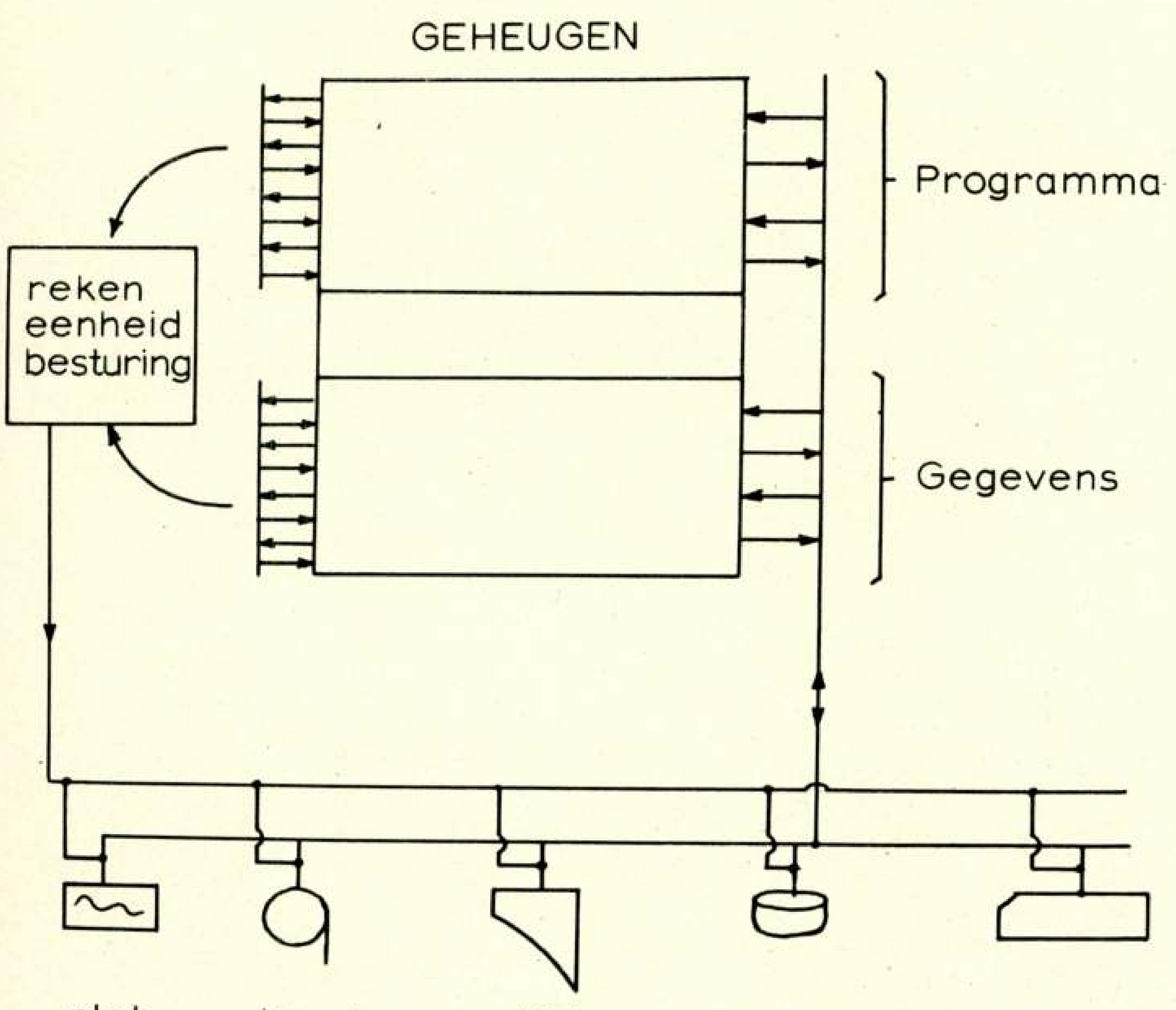


Fig. 9. Computersysteem, sterk geschematiseerd. De verscheidenheid van invoer- en uitvoerapparatuur, zoals onder in de figuur aangegeven, kan in werkelijkheid veel groter zijn.

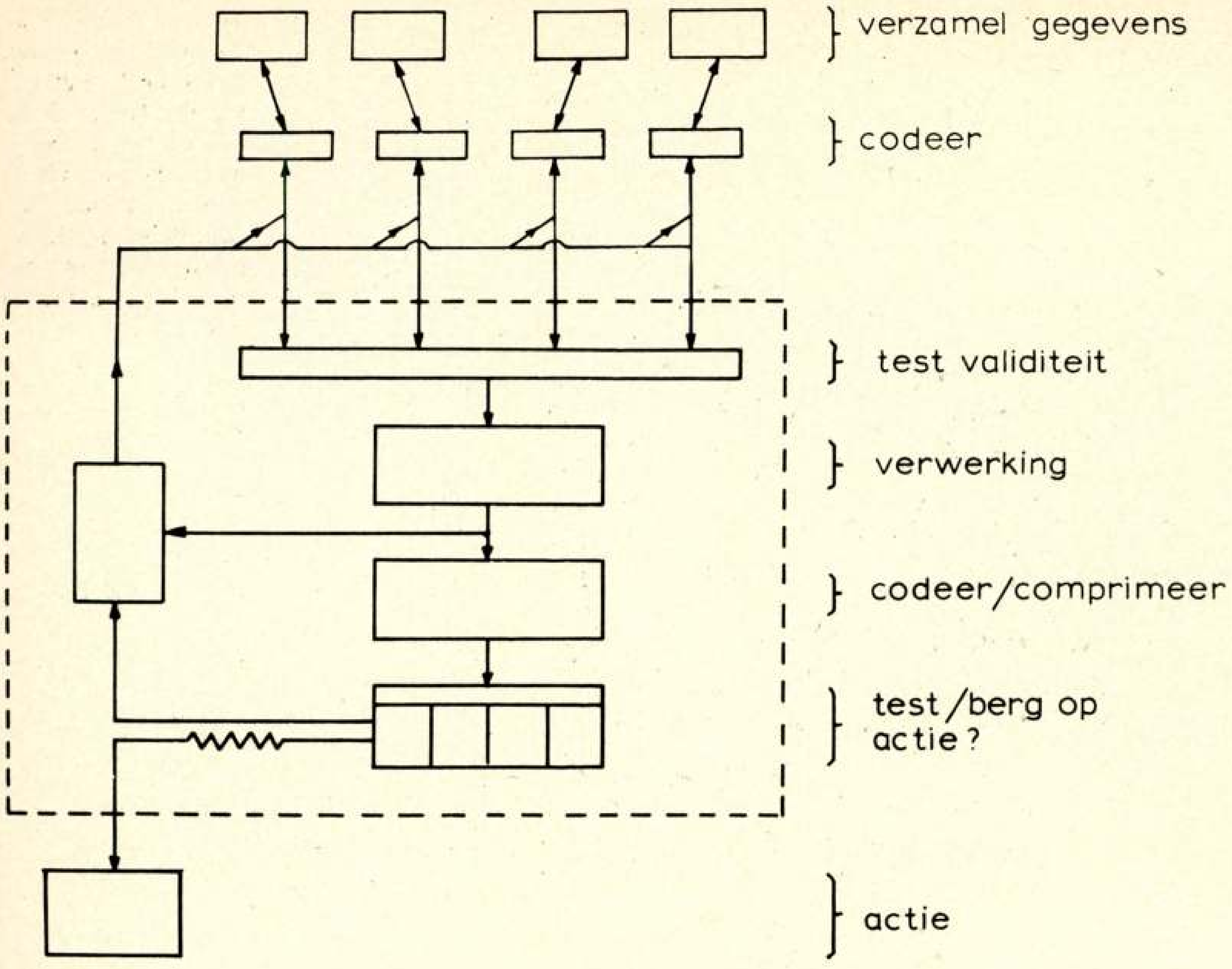


Fig. 10. Schema van een computercommunicatiesysteem met multipele invoer-uitvoerstations. Verschil met een telefooncentrale is o.a. dat de aan het systeem toegevoerde informatie selectief kan worden vastgehouden voor onbeperkte tijd, en dat de aard van informatie tegelijk de bestemming daarvan impliceert.

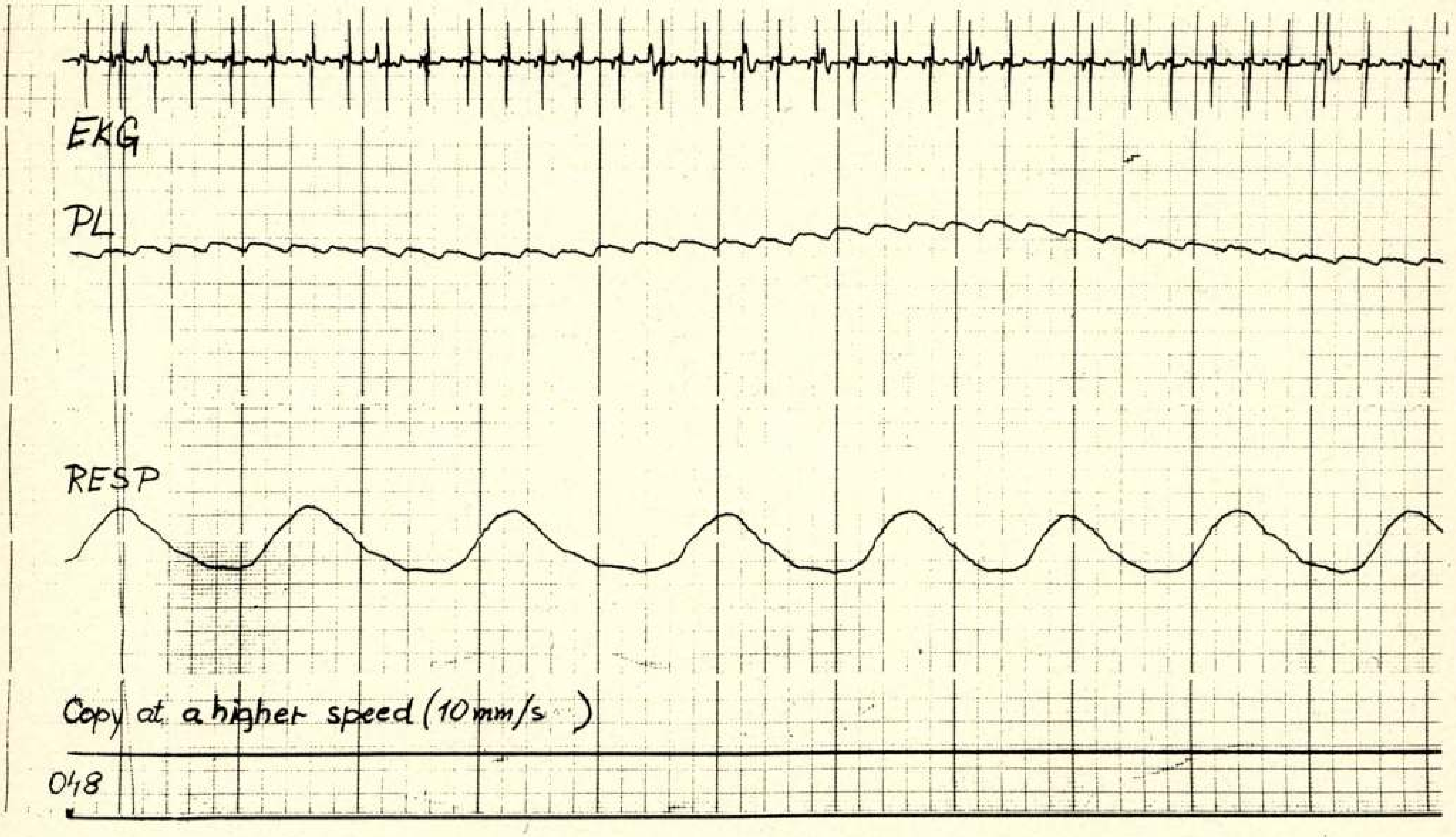


Fig. 11. Een deel (ongeveer $^1/_2$ min van de 25 min) van de ingevoerde signalen voor de berekening van power spectra van hartritme, plethysmogram en ademhaling. Aan de hand van de pieken in het bovenste signaal – elektrocardiogramafleiding – wordt het hartritme berekend. Het tweede signaal, plethysmogram, wordt 'gesmoothed' tijdens de voorbewerking om hogere frequenties te elimineren.

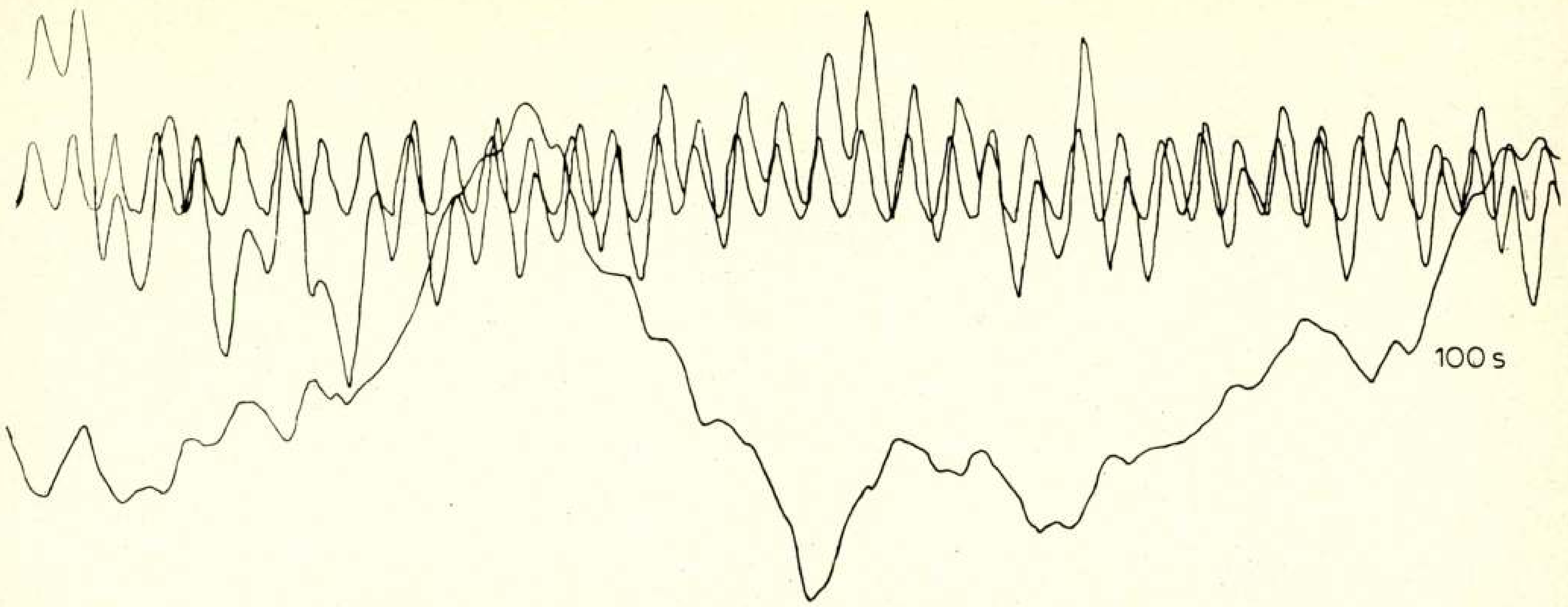


Fig. 12. Computertekening van de gegevens van fig. 10 nadat een voorbewerking is uitgevoerd. De grillige curve in het onderste deel van de figuur stelt het 'gesmoothte' plethysmogram voor. In het midden, nogal moeilijk van elkaar te onderscheiden, ademhaling en hartritme.

hier gaat, geven wellicht de volgende figuren. In fig. 9 zijn in een gestyleerde vorm weergegeven enkele functionele elementen van een modern computersysteem. Het heeft geen zin in het kader van deze voordracht hierop dieper in te gaan. Essentieel is dat er een informatiebewerkend onderdeel is, in de figuren genoemd rekeneenheid, dat een nauwe relatie onderhoudt met het zogenaamde 'snelle geheugen'; de computer heeft een aantal invoer- en uitvoerkanalen, die veelal aan de ene zijde direct eindigen in het snelle geheugen, aan de andere kant aan een grote verscheidenheid van invoer-uitvoerapparaten en grote zogenaamde 'externe geheugens'.

De informator, communiceert met de buitenwereld d.m.v. grote aantallen schrijfmachines, toetsenborden enz. Dit is globaal weergegeven in fig. 10. Het is van belang dat men zich realiseert, dat met het weglaten van details in deze figuur tegelijkertijd het belangrijkste is weggelaten.

Concluderend: ik ben ervan overtuigd dat een informatie-communicerend en -verwerkend systeem zoals besproken, in de toekomst door ziekenhuizen zal worden geïnstalleerd. Het is echter niet juist te beginnen met de aanschaf van apparatuur voor dat doel; daaraan moet een gedetailleerde studie van de feitelijkheden en wenselijkheden in de organisatie van het ziekenhuis voorafgaan. Bovendien moet een technische staf worden opgeleid en wellicht in de vorm van een informatiedienst.

5. Wetenschappelijke toepassingen

Het zou weinig zinvol zijn als ik hier zou trachten een overzicht te geven van computertoepassingen in verband staande met onderzoekingen die de kennis van de natuur vergroten en bovendien in één of ander, meestal verre, relatie staan tot de geneeskunde, met name dus van wetenschappelijke toepassingen. De variatie hierin maakt een overzicht totaal onmogelijk; gelukkig hebben sprekers voor mij en zullen sprekers na mij onderwerpen behandelen die ook tot categorieën gerekend worden in bovengenoemde zin, waarbij eveneens computers *kunnen* worden gebruikt. Ik zal enkele karakteristieken van een groot aantal toepassingen noemen, om te besluiten met het noemen van één toepassing die weliswaar niet typisch is, maar waarin enkele van deze karakteristieken naar voren komen.

Hulpvakken waarin bijna elke onderzoeker op biologisch terrein bedreven moet zijn, en dat geldt in nog sterker mate voor hen die van computers gebruik willen maken, zijn de waarschijnlijkheidsberekening en de mathematische statistiek. Er is bijna geen onderwerp in de biologie te bedenken, waarin bij de analyse van de gegevens deze vakken niet op de één of andere manier een rol spelen. De studie van stochastische processen is bijzonder nuttig en praktische betekenis hebben de reeds vrij klassieke methoden van de tijdreeksanalyse. Het is ook niet onmogelijk dat van de biologie belangrijke stimulansen zullen uitgaan voor de mathematische beschrijving van vele typen niet-lineaire processen met stochastische elementen. Modelstudies spelen in de biologische wetenschappen een belangrijke rol. Een volgende voordracht zal daarover in detail handelen. Hier zij alleen gezegd, dat het gebruik van speciale computertalen, zogenaamde simulatietalen, van grote betekenis gaat worden. Wat betreft apparatuur: een groot deel van de onderzoekingen komt neer op de analyse van signalen verkregen uit proefpersonen of proefdieren. Omgekeerd kunnen hieraan ook stimuli worden toegediend. Eén en ander veronderstelt tenminste de beschikbaarheid van apparatuur waarmee continue signalen, altijd getransformeerd in elektrische signalen, kunnen worden bemonsterd tot reeksen getallen, waarop de digitale computer in staat is te opereren. Deze apparaten heten analoog-digitaal omzetters; hun tegenhangers, apparaten die getallenreeksen kunnen omzetten in een continu variërende elektrische spanning, dus digitaal-analoogomzetters. Voor een experimenteel laboratorium dat besloten heeft gebruik te maken van computerfaciliteiten, betekent dergelijke hulpapparatuur een conditio sine qua non.

Een volgende stap is de invoeging van de computer bij de overige apparatuur tussen experiment en onderzoeker. Men spreekt dan van on-line verwerking. In de biologie is on-line verwerking niet alleen zinvol omdat de experimentator werk uit handen genomen wordt: de enorme hoeveelheid gegevens die beschikbaar komt maakt onmiddellijke reductie daarvan vaak gewenst in verband met de grote geheugens die het opslaan daarvan impliceert.

Tenslotte zou ik een voorbeeld willen geven van een analyse waarin enkele van de genoemde elementen een rol spelen. Het betreft hier de eerste fase van een onderzoek naar de wederzijdse beïnvloeding van het hartritme (de frequentie waarmee het hart

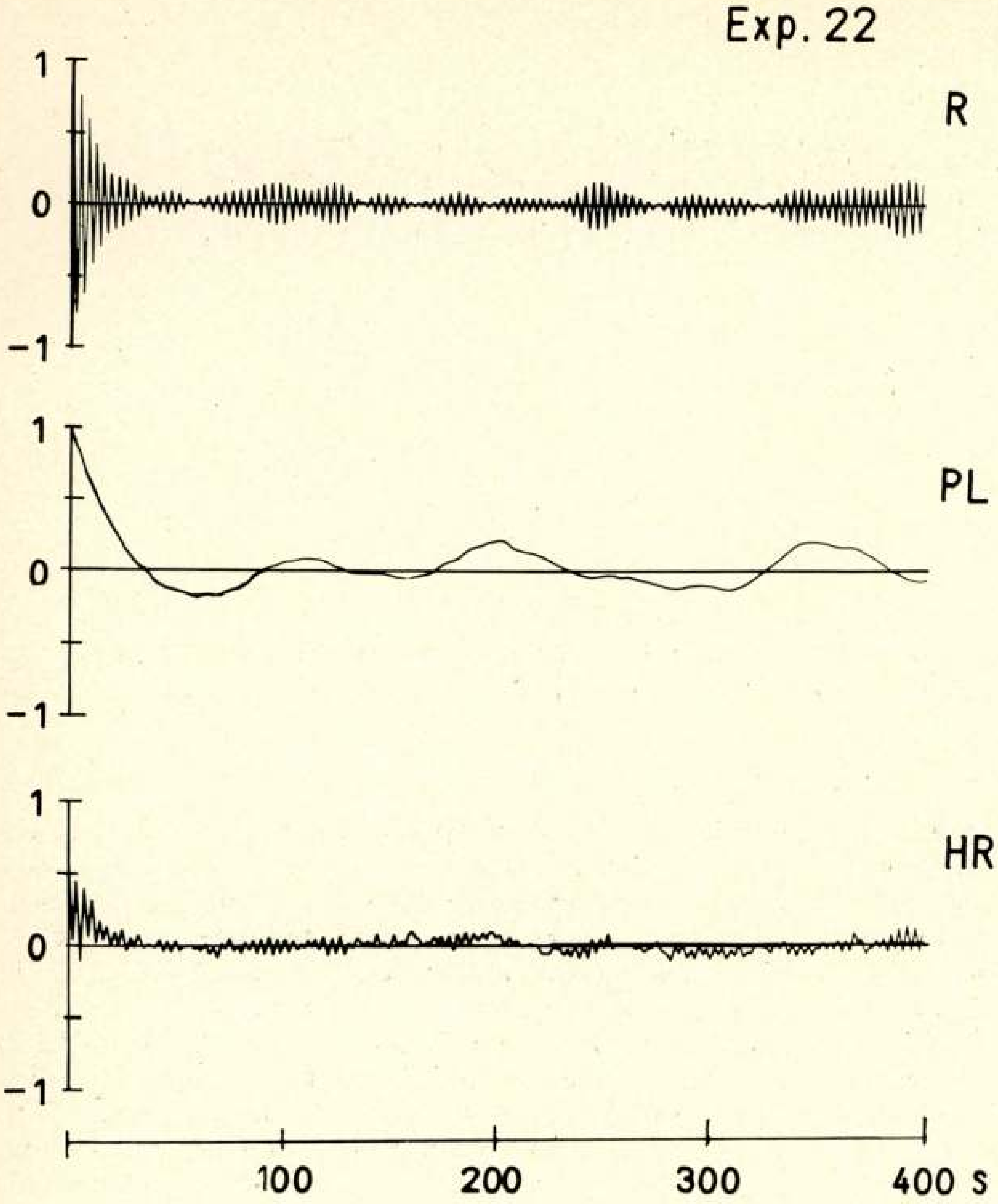


Fig. 13. De autocorrelaties voor respectievelijk
R - ademhaling
Pl - plethysmogram
HR - hartritme

klopt), de ademhaling en de volumeveranderingen van een lichaamsdeel, in dit geval de vinger [7]. De registratie van volumeveranderingen heet plethysmogram.

De berekening van het hartritme gebeurt aan de hand van het elektrocardiogram; elke hartslag wordt voorafgegaan door een scherpe depolarisatiepiek. Detectie van deze pieken levert dus het hartritme. Figuur 11 is een weergave van een deel van de in de computer gevoerde signalen. Omdat er geen belangstelling was voor hogere frequenties, werden de kleine golven in het plethysmogram tijdens de bewerking gemiddeld tot één representatieve waarde. Figuur 12 toont de signalen nadat voorbewerkingen zijn uitgevoerd. Het hartritme is weergegeven als een vloeiend verlopende kromme. Het voorlopige doel van de analyse was de berekening van de frequentiespectra van de drie signalen. Visuele inspectie van deze spectra zou dan moeten uitwijzen of althans in het frequentiedomein overeenkomst kon worden waargenomen; dit zou dan wijzen op interacties tussen de fenomenen.

De eerstvolgende stap bestond uit de berekening van de autocorrelaties van de drie signalen (figuur 13). Daarvan uitgaande werden vervolgens energiespectra berekend en door de machine grafisch weergegeven. Figuur 14 en figuur 15 tonen twee voorbeelden, waarbij de drie spectra telkens in één figuur zijn getekend.

Ik heb geprobeerd u een globaal overzicht te geven van de toepassing van computers in en om de geneeskunde. Als u hiervan een wat chaotische indruk hebt gekregen, dan ben ik in mijn bedoelingen geslaagd.

Literatuur.

[1] Von Neumann, J., The Computer and the Brain. (Het beste en beknoptste boekje over de confrontatie van computer en zenuwstelsel.)

[2] Taube, M., Computers and Common Sense. (Aanbevolen aan allen die blijven hopen of wanhopen, dat computers voor hen zullen gaan denken.)

[3] Hoogendoorn, D., Registratie van medische gegevens uit ziekenhuizen I, II, III. Zie Medisch Contact, nr. 19, 20 en 21, jaargang 1967. (Een aantal bijzonder informatieve artikelen in de vorm van een rapport, opgesteld door de initiatiefnemer tot een project dat geleid heeft tot de oprichting van de Stichting Medische Registratie, onder auspiciën van de Kon. Ned. Mij. ter Bevordering der Geneeskunst.)

[4] Tientallen artikelen van de hand van een aantal auteurs zijn over dit onderwerp verschenen. Een selectie;
Pipberger, H. V., Arns, R. J., and Stallman, F. W.:
'Automatic screening of normal and abnormal electrocardiograms by means of a digital electronic computer'.
Proc. of the soc. for exp. biology and medicine, 106, 1 (1961) 130-132.
Smith, R. E., Analysis of electrocardiograms: 7th IBM Medical Symposium Poughkeepsie 1965.

[5] Ledley, R. S., e.a.: Pattern Recognition in the Biomedical Sciences. in: AFIPS Conference Proceedings, vol. 28 1966 Sparta Books, Washington D.C.

[6] Geijn, J. v., 'Computation of dose distributions using wedge and compensating filters; correction for irregular body contours'. Techn. Rep. Series nr. 57.
Int. Atomic Energy Agency, Vienna 1966.

[7] Penjasz, J., Roukens, J., Waal, H. J. v. d.,
'Power spectral analysis for respiration, heart rate and plethysmogram in man'. Leiden, 1966 (wordt gepubliceerd).

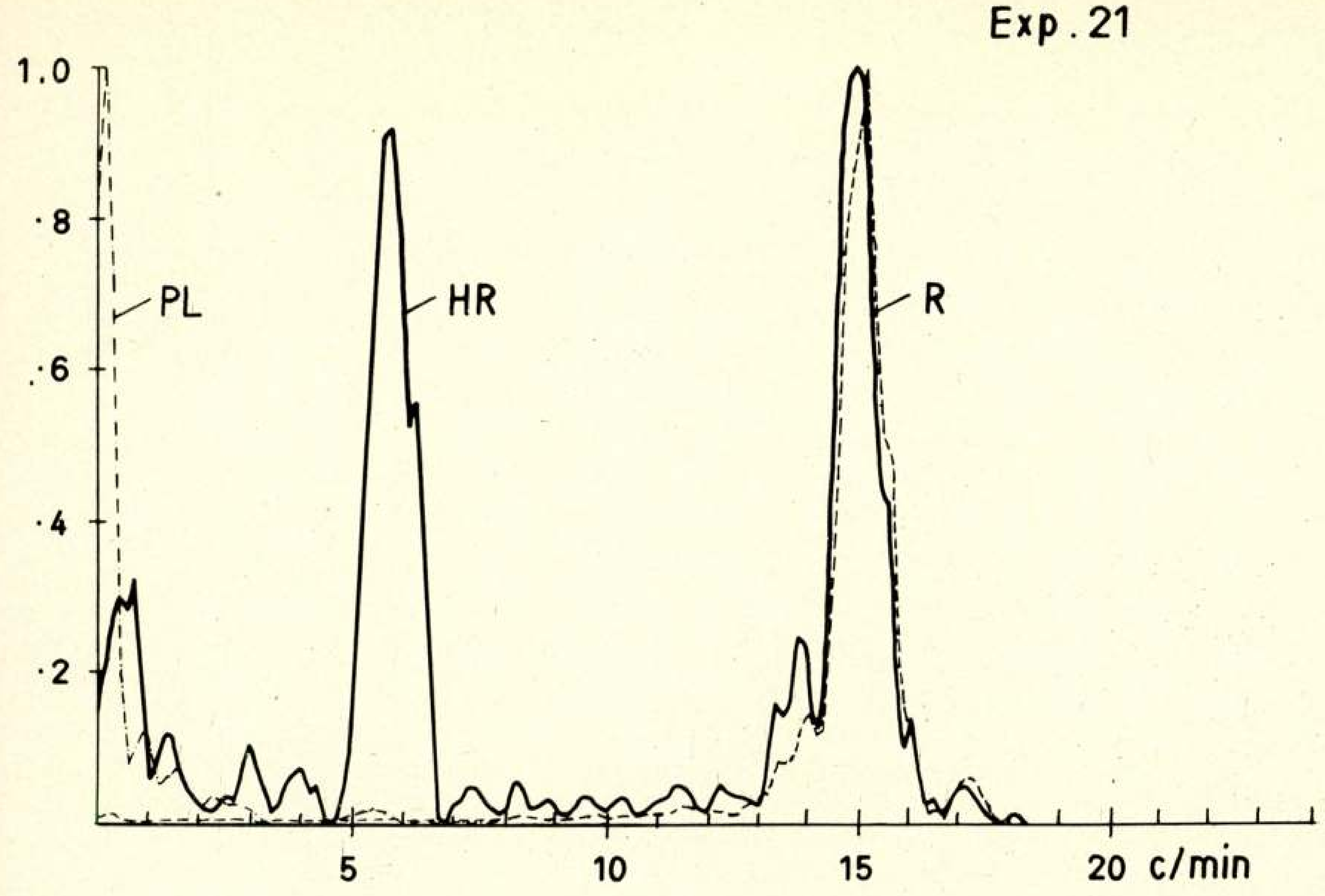


Fig. 14. Power spectrum van de signalen volgens fig. 11 voor proefpersoon nr. 21. In het spectrum van het hartritme valt de piek op in het gebied van de ademhalingsfrequenties en die bij 5-7 per minuut.

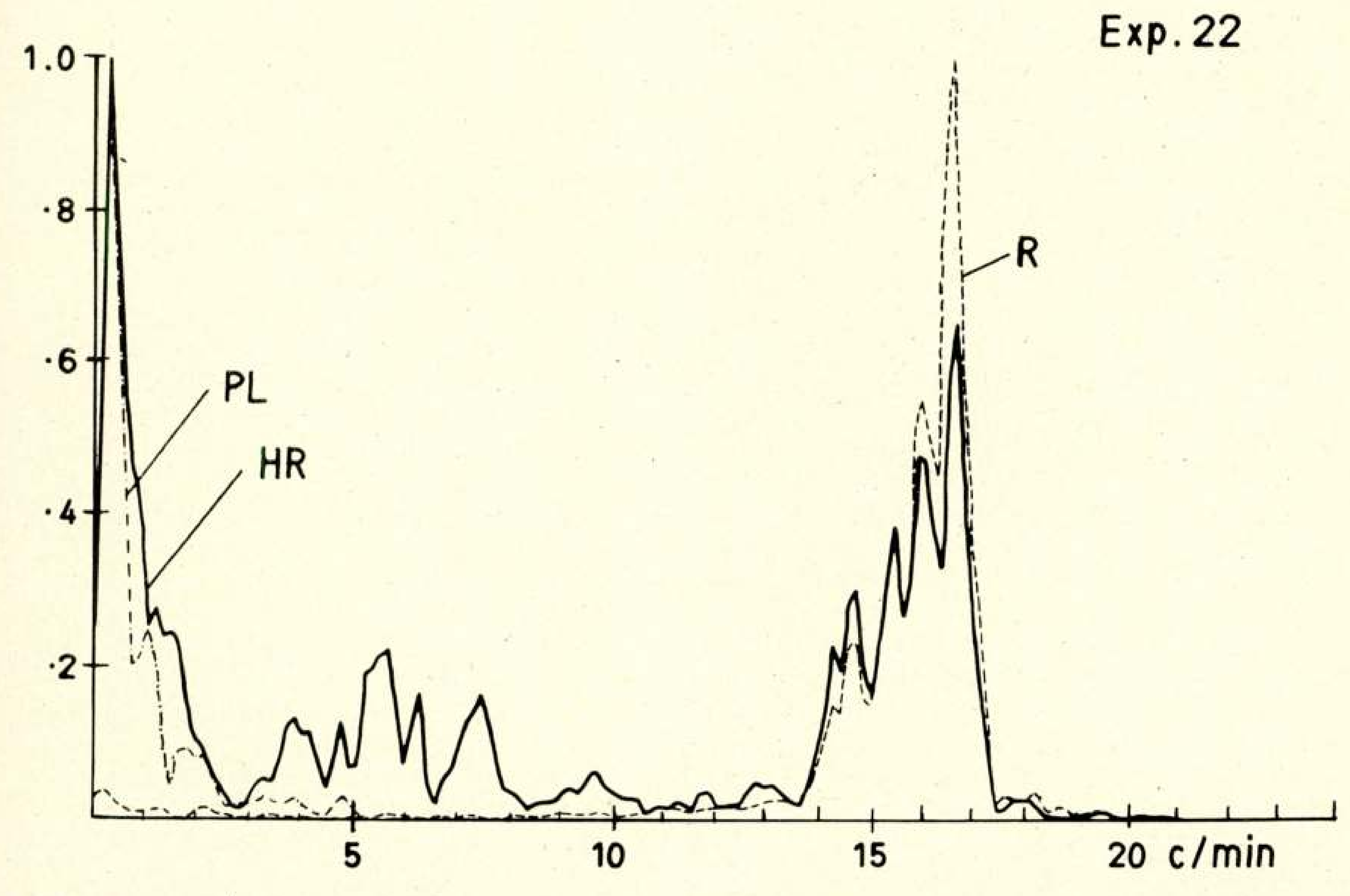


Fig. 15. Ter vergelijking met fig. 13: de power spectra voor proefpersoon nr. 22. Deze figuren illustreren een algemene karakteristiek voor dit type biologische systemen: hoewel er kwalitatief overeenkomsten zijn voor de systemen bij verschillende, overigens gezonde personen, zijn de kwantitatieve verschillen groot.

VI. Patiëntbewaking

616-07:654.9:658.5

door prof. dr. J. F. Crul, Hoofd van het Instituut voor Anesthesiologie van de Katholieke Universiteit Nijmegen

Summary: *Patient Monitoring.*
After stating the essential problem of patient monitoring the factors are analised, which make the use of apparatus desirable. Surveying the parameters taken from the vital organsystems present day routine and future developments are discussed. Finally general rules for electronic patient monitoring are given.

Bewaking van patiënten geschiedt in een modern ziekenhuis volgens een stapsgewijze geïntensiveerd systeem, aangepast aan de feitelijke toestand van de patiënt en de kansen die er zijn tot plotselinge veranderingen in deze toestand.

De ambulante en niet ernstig zieke bedlegerige patiënten worden op gezette tijden – of op hun eigen oproep tussentijds – gecontroleerd, waarbij enkele gemakkelijk te verkrijgen informaties worden verzameld, zoals temperatuur, pols, bloeddruk, ingesta en excreta en algemeen welbevinden. Indien de toestand ernstiger is of elk moment kan verslechteren zal de patiënt ofwel op een kamer van de verpleegafdeling of gecentraliseerd in een 'intensive care unit' worden bewaakt. Deze beide trappen van bewakingsintensiteit zullen voor het grootste gedeelte door para-medisch personeel worden uitgevoerd, in tegenstelling tot de meest intensieve bewaking, zoals deze tenslotte wordt uitgevoerd tijdens operatieve ingrepen, waarbij deze is toevertrouwd aan specialist-anesthesisten die van minuut tot minuut de verschillende orgaansystemen in hun functies volgen. Door deze stapsgewijze intensivering wordt optimaal gebruik gemaakt van beschikbaar personeel, beschikbare kennis en materiaal.

Gelukkig zijn er bepaalde orgaansystemen in het menselijk lichaam waarvan de toestand min of meer bepalend is voor het voortbestaan van het individu, en het is vooral op deze orgaansystemen dat de bewaking zich heel in het bijzonder richt. Deze zijn de ademhaling, de bloedsomloop en het centrale zenuwstelsel. Bewaking van functies van de andere orgaansystemen kan weliswaar voor de uiteindelijke genezing belangrijk zijn, maar zullen zelden acuut het leven bedreigen. De informaties over de drie bovengenoemde orgaansystemen zijn dan ook verreweg de belangrijkste.

Met onze zintuiglijke waarnemingen geholpen door enkele eenvoudige fysische apparaten zijn wij meestal in staat de *gevolgen* van een goed of slecht functioneren van deze orgaansystemen binnen redelijke grenzen te benaderen. De slecht ademende patiënt wordt benauwd of ziet blauw; de falende hartwerking geeft een zwakke pols en doet de patiënt bleek zien; de gestoorde hersencirculatie zal de patiënt al spoedig onrustig maken of het bewustzijn doen verliezen.

Hoewel de informaties hierdoor gewonnen vrij inaccuraat zijn en onderhevig aan subjectieve verschillen, is de veelheid ervan zo groot en de uiterst genuanceerde verwerking door de hersencomputer van een geoefend waarnemer zo goed, dat deze wijze van bewaking steeds de onmisbare basis van ieder systeem zal moeten blijven. Toch kleven aan deze vorm van bewaking enkele *nadelen* die de hulp van elektronische apparatuur wenselijk maken, nl.:

1. Een zintuiglijke waarneming blijft steeds subjectief. Als voorbeeld kan worden genoemd het geval van een patiënt met ingebrachte pacemaker, ingesteld op een frequentie van 80 slagen per minuut; de polstellingen door de verpleegsters van deze patiënt varieerden evenwel van 72 tot 90. Overeenkomstige afwijkingen doen zich voor bij bloeddrukmeting en beoordeling van de ademhaling.
2. Zintuiglijke waarneming werkt traag, veelal te traag. Voor het meten met eenvoudige fysische middelen heeft een geroutineerde verpleegster toch al gauw 3 à 4 minuten nodig. Zijn meerdere patiënten aan haar zorg toevertrouwd, zoals in een verkoeverkamer of bij een 'intensive care unit', dan is de frequentie van de beoordeling van iedere patiënt hoogstens eenmaal per 10 à 15 minuten, verondersteld dat zij geen andere dingen behoeft te doen dan alleen deze waarnemingen. Aan ernstig zieke patiënten is echter ook veel te *behandelen*, en de tijd daarvoor nodig wordt dan nog eens opgeteld bij de 10 à 15 minuten. Deze frequentie van controle per patiënt is bij ernstige toestanden onverantwoord lang, en zal zoveel mogelijk tot een bijna continue informatiestroom moeten worden omgevormd. Automatisering van vooral de langer durende metingen heft het genoemde bezwaar op.
3. Zintuiglijke waarneming kenmerkt zich door het onvermogen tot detectie van die informaties die buiten haar vermogen hiertoe liggen, met name de elektrische fenomenen in het lichaam zoals elektrocardiogram en elektro-encephalogram en de chemische samenstelling van ademgassen en vloeistoffen.
4. Met zintuiglijke waarnemingen kunnen *alleen de gevolgen* van functiestoornissen van organen worden onderscheiden en niet de eigenlijke werkingen worden gemeten.
5. Verwerking van de informaties in de vorm van *alarmering* (die veelal te laat komt) en *registratie* kost voor de ongewapende waarnemer weer een extra bewerking, die meer tijd en meer subjectieve fouten invoert.

Al deze nadelen zijn door invoering van de juiste elektronische apparatuur *in principe* te ondervangen. In de praktijk blijkt dit niet zo gemakkelijk te zijn. In detail betekent dit voor de drie orgaansystemen het volgende:

a. Voor de ademhaling: dat men apparatuur heeft die de eigenlijke gaswisseling in en uit de longblaasjes continu volgt en de samenstelling van deze gassen zo goed mogelijk aangeeft.

Hier beginnen al dadelijk de moeilijkheden omdat deze informaties niet zo maar te krijgen zijn en men allerlei secundaire fenomenen is gaan opnemen, die gemakkelijk elektronisch te realiseren zijn, zoals de bewegingen van de borstkas of van de buikwand of de omtrektoename van één van beide, de plethysmografische impedantieveranderingen van de borstkas, de temperatuurschommelingen of geluidsfenomenen, teweeggebracht in de luchtwegen door de luchtverplaatsingen.

Deze laatste twee informaties zijn weliswaar veel betrouwbaarder dan de eerste, welke in noodtoestanden een vals gevoel van veiligheid geven, maar zeggen nog weinig over de *kwantiteit* van de gasverplaatsingen en de samenstelling van de alveolaire gassen. Ultrasnelle meters die ons continu informeren over de zuurstof- en koolzuurspanningen in de ademgassen, zullen hier in de toekomst verandering moeten brengen. De polarografie is hierin wat betreft de zuurstofspanningsmeting al grotendeels geslaagd, terwijl de koolzuurmeting door de infrarood analyse nog niet zo dicht bij dit ideaal staat.

Nog geen enkele commercieel beschikbare monitor-apparatuur heeft een bevredigende ademhalingscontrole verwezenlijkt

en nog veel research zal in dit gebied nodig zijn. In ons instituut meten wij sinds een jaar bij patiënten na de operatie de gaswisseling in de bovenste luchtwegen via een thermistorsonde, gelegd op het kruispunt van de neus- en mondademwegen. Deze methode is eenvoudig en weinig onderhevig aan storende invloeden, zoals die van slijmvorming, zuurstoftoediening of aanwezigheid van slangen in de neus.

Weliswaar is zij nog slechts kwalitatief en alleen te gebruiken voor een visueel signaal, benevens frequentietelling. Door combinatie van deze thermistor met een snelaanwijzende polarografische zuurstofspanningselektrode, hopen wij meer kwantitatieve aanwijzingen te verkrijgen.

b. Voor de bloedsomloop: hier liggen de zaken ietwat gunstiger, doordat men namelijk steeds meer de *doorstroming* van perifere vaatsystemen gaat stellen boven de registratie van de elektrische fenomenen van het hart. Dit laatste is 'elektrisch gezien' wel een voldoende uitgewerkte zaak die met grote nauwkeurigheid en een gering foutenpercentage kan worden verwezenlijkt. Selectieve filters voor het verwijderen van hoger frequentiestoringen zijn alom in gebruik of in de maak.

Het elektrische signaal van het hart kan minuten lang doorgaan terwijl er van een effectieve doorstroming van verschillende vitale organen geen sprake meer is. De alarmering hierop aangebracht komt dan ook vaak te laat. Waar in deze situatie 2 à 3 minuten beschikbaar zijn voordat onherstelbare schade met name aan de hersenen is toegebracht, is dit tijdverlies ontoelaatbaar. Blijven derhalve slechts de frequentiemeting uit de R-toppen en de registratie van het elektrische geleidingspatroon als nuttige informaties over van het elektrocardiogram. Vooral het falen van de *coronair* doorstroming wordt vrij nauwkeurig door het E.C.G. aangegeven.

De perifere doorstromingsmeting geschiedt meestal door middel van druk of fotocelopnemers op de huid van perifere lichaamsdelen en gaat uit van de *premisse*, dat de circulatie door de vitale organen steeds het langst gewaarborgd wordt ten koste van de perifere doorstroming, zodat wanneer deze perifere doorstroming nog voldoende is, die van de vitale organen zeker goed is. Hierdoor wordt een minimum aan *valse positieve informaties* verkregen maar dit gaat wel ten koste van een aanzienlijk groter aantal *valse negatieve informaties*, zodat men wel niet te laat alarm slaat maar wel vaak te vroeg. Hiertussen de juiste verhouding te vinden is de opdracht van de toekomstige elektrotechniek. Veel juister is het echter te trachten een elektronische opnemer te vinden voor de doorstroming van de vitale organen zelf, zoals die van de hersenen, longen en kransslagaderen. Pogingen daartoe zijn reeds aangewend door doorstromingsmetingen van het neustussenschot (arteriën zijn takken van hersenvaten) en de ultrasonische en elektromagnetische stroommetingen.

Voor de effectiviteit van de hartwerking zal een elektronische vertaling gevonden moeten worden van de isometrische contractiefase van de linkerkamerspier rondom de inhoud, voordat de kleppen zich openen om het bloed naar de slagaderen te doen vloeien. Tot nu toe kunnen alleen intracardiale meettechnieken hierover een uitsluitsel geven en deze methoden zijn te ingrijpend om als routinebewakingsmethode te worden gebezigd. De opstijgende hellingshoek van de perifere drukgolf zoals door Broemser en Ranke gebruikt, kan hiervoor vaak in de plaats gesteld worden.

Zolang de genoemde verfijningen van de meettechniek nog niet zijn verwezenlijkt geeft de foto-elektrische doorstromingscontrole van de huid een redelijk veilige informatie en kan dan ook het best als signaal voor frequentie-integratie worden gebruikt. Het gelijktijdig zichtbaar maken van het E.C.G. op een scoop, geeft zodoende een centrale *en* perifere controle.

De aard van het zuurstoftransport door de bloedsomloop is door vele bewakingsunits in de vorm van oxymetrie toegepast. Hoewel dit tegenwoordig technisch redelijk te verwezenlijken is, blijft toch het nadeel bestaan van een lastige ijking en van het feit dat alleen de percentuele zuurstofverzadiging van de rode bloedlichaampjes ter plaatse wordt gemeten en geen uitsluitsel wordt gegeven over de totale hoeveelheid zuurstof per tijdseenheid aan de verschillende weefsels aangeboden. Een grote toepassing heeft deze oxymetrie in de bewakingstechniek dan ook nog niet gevonden. Een combinatie van doorstromings- en verzadigingsmeting zou hierin veel verbetering kunnen geven.

c. Voor de werking van het centrale zenuwstelsel: hiervoor heeft de elektrotechniek nog niet veel meer kunnen bieden dan een meer of minder natuurgetrouwe weergave van de complexe elektrische stromen door de werking van verschillende hersengebieden teweeggebracht.

Het elektro-encephalogram in de ongeanalyseerde vorm, zijnde het veelvoud van alle lokale potentiaalveranderingen, biedt te weinig specifieke informatie over de hersenfuncties dan dat zij als routinebewaking kan worden gebruikt. Wellicht zal een systematische frequentie-analyse van grote aantallen patiënten aanwijzingen kunnen geven over het nut van specifieke bewaking van scherpe frequentiebanden, als blijken zou dat storingen hierin gecorreleerd kunnen worden met zuurstofgebrek van bepaalde hersengebieden. Pas dan zal door de bouw van eenvoudigere selectieve analysatoren een bewakings- en alarmeringssysteem van de hersenfunctie als geheel kunnen worden verkregen. Andere wegen om de integriteit van de hersenfuncties te registreren zijn er voorlopig nog niet, en ook de chemische analyses van het veneuze bloed uit de hersenen komend lijkt weinig informatie omtrent de overall-functie te bieden.

Gelukkig is de beoordeling van het *bewustzijn* en het *gedragspatroon* van de patiënt nog steeds de meest gevoelige maatstaf voor ongestoorde hersenfuncties en is dit in enkele seconden te verrichten. Veel meer dan dit is er dan ook voorshands nog niet nodig om de hersenfuncties te bewaken. Tot zover in het kort over de mogelijkheden en wenselijkheden van de elektronische patiëntbewaking.

Nog enkele algemene punten wil ik tenslotte aanroeren:

- De *eenvoud van uitvoering* met een minimum aan te bedienen knoppen is een essentie voor het regelmatige gebruik van deze apparatuur door medisch en para-medisch personeel. Hoe meer knoppen, hoe gauwer deze apparatuur in de kast verdwijnt. Alle niet steeds noodzakelijke instellingen dienen aan de achterkant van of binnen het apparaat te worden aangebracht.
- *Storingen in de werking* door foutieve gevoeligheidsinstelling, kalibrering, ruis en mechanische beïnvloeding van de opnemers moet tot een minimum beperkt blijven. Niets is zo hinderlijk als een apparaat waar eerst een half uur aan gesleuteld moet worden voordat het werkt en dat na elke 10 minuten weer bijgesteld moet worden.
- De opnemers moeten aan de toch al zieke patiënt niet nog meer *ongemak of pijn* bezorgen en dit stelt heel speciale eisen aan de constructie van de apparatuur. Menig goed bedoelde monitor is hierdoor getorpedeerd.
- *Alarmering en frequentie-indicatie* van ritmische processen horen in wezen gescheiden te worden; de eerste immers moet een snelle en gevoelige responsie geven, terwijl de tweede een zekere rust en stabiliteit moet vertonen om een goede aflezing mogelijk te maken.

- *Alarmering* op grond van *multipele informaties* die elkaar aanvullen en bevestigen zal onnodige alarmsignalen goeddeels kunnen voorkomen. Is dit immers niet hetzelfde proces als de bewaker zelf ook uitvoert, wanneer hij verschillende symptomen van een alarmerende toestand tegen elkaar afweegt? Zelden zal hij op een enkel symptoom afgaan.
- De patiënt welke aan het elektronische meetapparaat is aangesloten moet *beveiligd* worden tegen elektrocutie of verbrandingen door de daarvoor aangegeven maatregelen zoals zij in 1965 op de Boerhaavecursus werden aangegeven door prof. Bekink van de KEMA.
- De *betrouwbaarheid* van bewakingsapparatuur is nog lang niet zo groot dat aan een alarmeringsinrichting ook een uitvoerend apparaat kan worden gekoppeld dat zonder menselijke interventie maatregelen gaat nemen tegen de geconstateerde afwijking. Vooral bij de diagnose van hartstilstand door fibrillatie is een dergelijke terugkoppeling door het geven van een automatische defibrillatiestoot nogal in zwang.
- Dit kan tot zeer gevaarlijke gevolgen leiden en is daarom af te raden.
  Alarmering door foutieve werking van opnemers of versterkers moet duidelijk anders worden aangeduid dan alarm door verandering in de werkelijke toestand van het meetobject.

Samenvattend kan men dus zeggen dat patiëntbewaking door middel van de eigen zintuigen ondersteund door eenvoudige mechanische hulpmiddelen nog steeds de ruggegraat van de zorg voor iedere ernstig zieke moet vormen en dat de elektronische apparatuur een welkome aanvulling of zo u wilt verlengstuk levert, waarbij haar snelheid, onafhankelijkheid van subjectieve vergissingen, vermogen tot doordringen in met het ongewapende zintuig niet waarneembare fenomenen en de mogelijkheid van momentane alarmering en registratie, de grote winst leveren. Steeds meer zal getracht moeten worden te meten, niet wat gemakkelijk te meten valt, maar alleen wat essentiële nieuwe informatie biedt.

Varia

17e Internationale Salon voor uitvinders.

Van 8 ... 16 maart 1968 zal Brussel weer de wereldhoofdstad der uitvindingen zijn. Tijdens deze periode wordt in het Rogier Centrum de 17de Internationale Salon voor uitvinders gehouden.

Het doel van deze Salon voor uitvinders is: eigenaars van uitvindersoctrooien in verbinding te stellen met potentiële kopers.

Inlichtingen: De Syndikale Kamer voor de Bescherming der Uitvinders, 109, Defacqzstraat, Brussel.

Kybernetik-Kongress München 1968

Van 23 tot 26 april 1968 wordt in de Technische Hogeschool van München een congres over Cybernetica gehouden. Het congres wordt georganiseerd door het Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE (NTG) onder auspiciën van het Deutsche Gesellschaft für Kybernetik. De wetenschappelijke leiding is in handen van Prof. Dr.-Ing. H. Marko.

Gelijktijdig met de aanvang van het congres zullen in het congresbureau samenvattingen van de voordrachten tegen kostprijs ter beschikking staan. Voor de organisatie van een damesprogramma is gezorgd. Voor nadere inlichtingen wende men zich tot Dipl.-Ing. H. G. Thilo, per adres Siemens AG, Hofmannstrasse 51, 8 München 25.

'MOGA 68'.

De zevende Internationale Conferentie over de opwekking en de versterking van Microgolven en Optische golven: 'MOGA 68' zal van 16 september tot 20 september 1968 plaatsvinden in Hamburg, Bondsrepubliek van Duitsland. De organisatoren zijn de 'Nachrichtentechnische Gesellschaft im VDE (NTG)' samen met de 'Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE)', en de 'German Section of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)'.

De vergadering is bedoeld om door middel van voordrachten en discussies verslag uit te brengen over recente internationale onderzoekingen op het gebied van de opwekking en de versterking van coherente oscillaties, waarvan de frequenties liggen in het microgolfgebied of daarboven. De fysische grondslagen waarop de mechanismen berusten kunnen daarbij van verschillende aard zijn. Speciale punten zijn:

Hoogvacuüm buizen met lineaire elektronenbundel met gekruiste elektrische en magnetische velden of andere principes waaronder ruimteladingsgolven; gasontladingsbuizen, toepassing van gasplasma's; vaste-stof en halfgeleidercomponenten, toepassingen van vaste-stofplasma's; Masers en Lasers, gestimuleerde emissie.

Deze bijeenkomst volgt de traditie van vroegere internationale vergaderingen over 'Microgolf Buizen' (Parijs 1956, Londen 1958, München 1960, Den Haag 1962, Parijs 1964) en 'MOGA 66' Cambridge; de grondthema's zijn daarbij niet veranderd, maar het terrein heeft zich uitgebreid dank zij de voortgang op het gebied van vaste-stoffysica en gestimuleerde emissie. De voertalen op de conferentie zijn Duits, Engels en Frans.

Verdere inlichtingen 'MOGA 68' Burchardstrasse 19, c/o VALVO GmbH, D-2 Hamburg 1.

Uit het NERG

Nieuwe leden:

F. K. Boomsma, Joh. Geradtsweg 94, Hilversum.
Ir. S. J. Gaastra, Stationsweg 18, Grouw (Fr.).
Ir. P. C. van der Geest, v. d. Spiegelstraat 10, Den Haag.

Voorgestelde leden:

Ir. L. H. Sondaar, Zwetkade 30, Delft.

Nieuwe adressen van leden:

Ir. K. K. Agarwal, Bell Tel. Lab., Route 125, N.Andover, Mass. 01845, U.S.A.
Prof. dr. ir. S. Duinker, Mollaan 1, Bloemendaal.
Ir. H. W. Elsborg, Sweelinckhof 66, Waddinxveen.
Ir. H. J. Gits, van Hogendorplaan 4, Eindhoven.
Ir. F. H. Groen, Hudsonlaan 158, 's-Hertogenbosch.
Ir. Ph. Hanhart, Estrikweg 1, Huizen (N.H.).
Ir. S. J. Noteboom, Diependaalselaan 302, Hilversum.
Ir. G. J. M. Pappot, Zuiderstraat 9, Sassenheim.
Ir. W. Visscher, Julius Röntgenlaan 12, Leidschendam.
Ir. M. Weeda, Postbus 297, Hilversum.
Ir. W. M. Winkel, Schout bij Nacht Doormanlaan 3, Wassenaar.
Dr. J. G. van Wijngaarden, Geuzenberg 7, Son (N.B.).